VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

СПРАВОЧНИК ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ И ХУДОЖНИКОВ-КОНСТРУКТОРОВ

ВУДСОН У. КОНОВЕР Д.

HUMAN ENGINEERING GUIDE
for
EQUIPMENT DESIGNERS

SECOND EDITION

by

WESLEY E. WOODSON
General Dynamics/Astronautics
San Diego

and

DONALD W. CONOVER
Nasa — Manned Spacecraft Center
Houston

UNIV. OF CALIFORNIA PRESS
BERKELEY, LOS ANGELES
1964, 1966

WWW.INFANATA.ORG
2008

У. ВУДСОН, Д. КОНОВЕР

Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов

Перевод с английского
канд. филос. наук
А. М. ПАШУТИНА

Под редакцией
канд. техн. наук
В. Ф. ВЕНДА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»
МОСКВА
1968



УДК 62-50.23

Среди многочисленных знаний, необходимых современному конструктору, видное место занимает инженерная психология. Это научное направление, возникшее сравнительно недавно на стыке техники и наук о человеке, исследует взаимодействие человека с разнообразными техническими устройствами, разрабатывает методы приспособления техники к психофизиологическим характеристикам человека. Этим достигается повышение производительности труда и эффективности действия комплексных систем управления, облегчается и становится более творческим труд человека.

Инженерная психология, являясь важнейшей частью эргономики — науки о взаимодействии человека с окружающей средой, — составляет естественнонаучную основу технической эстетики. Весьма существенна ее роль и в научной организации труда.

Книга посвящена вопросам практического применения данных инженерной психологии, а также промышленной гигиены, физиологии и др., при проектировании промышленного оборудования, архитектурных сооружений, транспортных средств, разнообразной аппаратуры и военной техники. Она представляет большой интерес для инженеров и художников-конструкторов, архитекторов, инженеров-строителей, светотехников, проектировщиков транспортных средств, конструкторов сельхозмашин, военных инженеров и других специалистов.

Книга может быть использована как учебное пособие для студентов и аспирантов по курсам инженерной психологии и эргономики.

Редакция литературы по новой технике
Книга отсканирована в ознакомительных целях специально для www.infanata.org

Индекс 3.3.4

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА РУССКОГО ИЗДАНИЯ

«Все конструируется для людей». Это название одного из первых разделов предлагаемой вниманию советских читателей книги У. Вудсона и Д. Коновера может с полным основанием считаться профессиональным девизом инженеров и художников-конструкторов. Теперь уже ни у кого не вызывает сомнения, что, создавая любое изделие, будь то металлорежущий станок или кресло авиационного пассажира, пульт управления или кухонное оборудование, кабина космического корабля или автомобиль, конструктор должен постоянно иметь в виду людей, которым предстоит в дальнейшем пользоваться изделием, знать особенности их поведения, восприятия ими информации, размеры их тела, физические возможности и многое другое.

В обширном арсенале знаний, которые необходимы современному конструктору, видное место занимает инженерная психология. Эта наука, возникшая сравнительно недавно на стыке психологии, физиологии, медицины, антропологии, биологии и техники, исследует взаимодействие человека с разнообразными техническими устройствами в процессе труда.

В практическом аспекте целью инженерной психологии является разработка методов оптимизации этого взаимодействия путем приспособления техники к психофизиологическим характеристикам человека. При этом труд человека становится более производительным, легким и творческим.

Заслуга в становлении инженерной психологии как самостоятельной науки на Западе принадлежит Ф. Бартлетту, В. Р. Гарнеру, С. Т. Моргану, Р. А. Мак-Ферланду, Е. Дж. Мак-Кормику, А. Чапанису, П. М. Фиттсу.

Большой вклад в развитие инженерной психологии сделан советскими учеными Б. Ф. Ломовым, Д. А. Ошаниным, А. Н. Леонтьевым, С. Г. Геллерштейном, В. П. Зинченко, Д. Ю. Пановым, К. К. Платоновым, Ф. Д. Горбовым и др.

Огромный интерес, проявляемый к инженерной психологии в нашей стране, вызван целым рядом причин. Бурное развитие техники в период развернутого строительства коммунизма связано с широким внедрением механизации и автоматизации во все отрасли народного хозяйства. Большое распространение получают централизованные системы управления, в которых руководство производственным комплексом осуществляется из одного пункта. При этом показатели работы всей системы во многом зависят от эффективности труда оператора или диспетчера.

Требование высокой эффективности действий человека, обеспечивающих оптимальное использование возможностей технологического оборудования и средств автоматизации, неразрывно связано с необходимостью глубокого учета психофизиологии человека и его особенностей как важнейшего интегрального звена в системе управления.

Проблема оптимального синтеза комплексных систем управления включающих в себя человека-оператора и автоматические управляющие устройства, не разрешима без применения методов и данных инженерной психологии по таким фундаментальным вопросам, как скорость и надежность восприятия и переработки информации человеком, способы ее кодирования, характеристики пультов управления и устройств отображения информации и многим другим.

Комплексные системы, в которых переработка материи, энергии и информации осуществляется совместно человеком и техническими устройствами, получили название систем «человек и машина», «человек и автомат». Эти системы, и в первую очередь психофизиологические факторы их синтеза, являются основным объектом изучения в инженерной психологии.

Инженерная психология, являясь важнейшей частью эргономики — науки о взаимодействии человека с окружающей средой *, составляет естественнонаучную основу технической эстетики и художественного конструирования. Использование инженерами и художниками-конструкторами данных инженерной психологии при создании орудий труда и бытовых изделий позволяет значительно улучшить их потребительские качества. Художники-конструкторы за рубежом, следуя нередко требованиям конъюнктуры, стремятся обеспечить сбыт продукции приданием ей эффектного внешнего вида, не останавливаясь при этом даже перед явным ухудшением инженерно-психологических характеристик изделия или оборудования. Столь же отрицательный результат получается и в тех случаях, когда художники-конструкторы слабо подготовлены в области инженерной психологии или когда их привлекают к участию в проектировании слишком поздно, когда в конструкции изделия уже практически ничего изменить нельзя, кроме цвета и мелких деталей внешней формы. Во всех этих случаях функции художника-конструктора так или иначе вырождаются до уровня оформительства, а социальная и экономическая эффективность его деятельности сводится почти к нулю.

Художественное конструирование должно рассматриваться как неотъемлемая часть комплекса исследовательских, конструкторских и технологических работ, направленных на оптимизацию систем «человек и машина». Результат работы всего конструкторского коллектива должен оцениваться по сложному критерию оптимальности, учитывающему социальные, эргономические (в том числе инженерно-психологические), технические, эстетические и экономические факторы. Общий оптимум, как правило, не совпадает со всеми частными оптимумами по отдельным перечисленным факторам. Однако он должен быть почти при всех обстоятельствах как можно ближе к тому частному оптимуму, который определяется как степень соответствия изделия психофизиологическим характеристикам человека. Это в первую очередь относится к конструированию промышленного оборудования и деталей окружения человека, находящегося в напряженных условиях и выполняющего ответственную и сложную работу.

Очевидна и та весьма существенная роль, которую играет инженерная психология в научной организации труда, если принять во внимание интенсификацию производственных процессов, увеличение скорости их протекания, что предъявляет повышенные требования к темпу и точности действий человека.

Исторически проблематика инженерной психологии формировалась в неразрывной связи со многими актуальными вопросами практики. Так, например, возникновение реактивной авиации с ее высокими скоростями потребовало особенно тщательной организации действий пилота, развитие техники связи столкнулось с проблемой «пропускной способности» человека, совершенствование управляющих машин выдвинуло сакраментальный вопрос «человек или машина?».

В отличие от начальных этапов своего развития в настоящее время инженерная психология сосредоточивает внимание уже не столько на экспериментальном исследовании взаимодействия человека с конкретными устройствами, сколько на выявлении закономерностей поведения человека в зависимости от совокупности действующих факторов и представлении их в обобщенной критериальной форме. Это потребовало проведения более глубоких психофизиологических исследований, с одной стороны, и привлечения мощного математического аппарата — с другой. Сделаны первые шаги на пути создания математических моделей поведения человека в системе управления. Однако практическая применимость результатов этих исследований пока весьма ограниченна.

Наиболее интенсивно в инженерной психологии разрабатываются сейчас следующие направления *:

1. Исследование особенностей восприятия информации человеком, т. е. изучение его «сенсорного входа».
2. Анализ структуры и характеристик управляющих действий человека, его «моторного выхода».
3. Изучение факторов, от которых зависит надежность и эффективность действий оператора. Особое внимание уделяется так называемым экстремальным условиям (высокая ответственность, острый дефицит времени, необычная обстановка, невесомость, перегрузки и т. д.).
4. Разработка методов отбора и профессиональной подготовки операторов с учетом структуры конкретного вида деятельности и связанных с ней требований к психическим процессам.
5. Исследование взаимодействия человека с техническими, в частности автоматическими управляющими, устройствами с целью оптимального синтеза систем «человек и машина», «человек и автомат».

Практический результат исследования перечисленных инженерно-психологических проблем представляется в виде рекомендаций, адресуемых инженерам, архитекторам, художникам-конструкторам, относительно выбора характеристик и конструирования разнообразных инструментов и машин, устройств отображения информации, пультов управления, планировки рабочих мест и помещений и т. п.

Обычно такие рекомендации носят сравнительно общий характер и не всегда могут быть непосредственно применены в интересующих нас конкретных условиях. Наибольший эффект дает тесное сотрудничество инженеров и художников-конструкторов со специалистами по инженерной психологии. Однако в настоящее время число инженерных психологов резко отстает от потребностей в них, поэтому особенно необходимы соответствующие справочники и руководства.

Предлагаемое вниманию читателей издание книги Вудсона и Коновера призвано отчасти восполнить острый недостаток в подобной литературе и помочь инженерам и художникам-конструкторам в овладении основами инженерной психологии и более широком использовании ее рекомендаций в практике.

Авторами настоящей книги обобщен практический опыт применения данных инженерной психологии при проектировании промышленного оборудования, транспортных средств, разнообразной аппаратуры и военной техники, накопленный на протяжении свыше 15 лет.

* Под средой в данном случае понимается совокупность всех факторов, влияющих на человека, в том числе пространство или помещение, в котором он находится, используемые им инструменты, материалы, приемы и организация работы и т. д.

* Основные проблемы, методы исследования и результаты, достигнутые в инженерной психологии, изложены в монографии Б. Ф. Ломова «Человек и техника», изд-во «Сов. радио», 1966.

Книга состоит из семи глав.

Гл. 1 посвящена рассмотрению инженерной психологии как научной основы конструирования, как «философии» инженеров и художников-конструкторов, овладение которой позволяет во многих случаях добиваться больших успехов в создании самых разнообразных изделий — от сложного промышленного оборудования и космических кораблей до кухонной утвари.

Значительное место уделено описанию системного метода конструирования. Приводится большой перечень факторов, которые должны рассматриваться в их взаимосвязи в процессе проектирования больших систем. Особо хотелось бы отметить важное указание авторов на то, что конструктор, создавая изделие, например контрольно-измерительный прибор или специальное сиденье, не должен «примерять» его на себя — по своему зрению, росту и т. д. Его собственные параметры могут существенно отличаться от типичных для той категории людей, которой предстоит пользоваться этим изделием.

Переходя к рассмотрению системы «человек и машина», авторы указывают на ее кибернетический характер. Для читателя, не являющегося специалистом в области кибернетики и бионики, будет небезынтересно прочесть раздел, посвященный популярному изложению некоторых аспектов этих наук.

Гл. 2 занимает по объему около половины всей книги. Здесь сосредоточен основной справочный материал по инженерно-психологическим вопросам конструирования. Представители едва ли не всех областей конструирования смогут найти здесь полезные сведения для своей практической работы. Невозможно перечислить все объекты и изделия, инженерно-психологические характеристики которых кратко, но весьма четко и квалифицированно рассматриваются во второй главе. Контрольно-измерительные приборы, их шкалы, стрелки, надписи, оцифровка; электронно-лучевые и электролюминесцентные индикаторы, световые табло, габаритные огни, дорожные знаки, органы управления — кнопки, тумблеры, рычаги, ключи, педали, маховики, дистанционные манипуляторы; элементы рабочих мест — кресла, столы, верстаки, чертежные доски — эти и многие другие изделия и их характеристики анализируются с точки зрения предъявляемых к ним требований инженерной психологии.

Авторы приводят также многочисленные рекомендации по освещению производственных и бытовых помещений, их планировке, использованию цвета в интерьерах, по борьбе с шумом, вибрацией, по технике безопасности в условиях различных объектов (жилые дома, промышленные предприятия, наземный, морской и воздушный транспорт, ракетные базы, космические корабли и станции и т. д.).

Наличие большого числа примеров конструктивных и планировочных решений облегчает восприятие, выбор и практическое использование справочного материала.

В гл. 3 рассматривается психофизиология зрения как научная основа выбора характеристик конструируемых индикационных устройств и других объектов, зрительно воспринимаемых человеком. Сюда включены сведения о строении, функциях и чувствительности зрительного анализатора, явлениях адаптации, конвергенции, одновременного и последовательного контраста, форме и размерах зрительного поля, оптических иллюзиях, стереоскопическом эффекте, цветовом зрении, психофизиологическом воздействии цвета на организм человека.

Гл. 4 посвящена вопросам слухового восприятия. Приводятся данные о слуховом анализаторе, об особенностях восприятия звука в зависимости от его высоты, громкости и тембра, от наличия различных помех. Особое внимание уделено восприятию речи и обеспечению эффективности речевой коммуникации.

В гл. 5 приведены сведения об измерениях человеческого тела — антропометрии. Приводится обширный перечень антропометрических параметров, необходимых конструкторам при проектировании различного оборудования, одежды, личной специальной экипировки и т. д.

В гл. 6 в дополнение к сведениям о зрении и слухе, изложенным в предыдущих главах, собраны данные о других воспринимающих системах человека, в том числе о кожной и мышечной чувствительности, вестибулярном аппарате, вкусовом анализаторе, обонянии. Рассматриваются также вопросы регуляции движений, зависимости времени реакции от различных условий. Авторы особо останавливаются на свойствах человека как звена в замкнутой системе регулирования, приводят приближенные передаточные функции человека-оператора. В главе содержатся также сведения о взаимосвязи между характером информации и особенностями ответной реакции человека на нее с учетом принципа экономии движения и эффективности действий человека. Ряд подобных вопросов рассматривается для случая пребывания человека в условиях невесомости.

Авторы кратко анализируют также весьма важную проблему готовности — экстренного включения человека-оператора в действие по сигналам различных модальностей (визуальным, звуковым, тактильным и др.).

Гл. 7 выделена несколько условно — это перечень основных литературных источников и руководств по инженерно-психологическим вопросам конструирования, а также наиболее фундаментальных трудов по инженерной психологии.

Учитывая, что перечень, приведенный в гл. 7, так же, как и списки литературы в конце всех глав, не включает советские издания, мы сочли необходимым существенно дополнить библиографию. Дополнительная литература для удобства пользования разбита по главам и темам.

В русском переводе книга названа «Справочником по инженерной психологии». Однако она охватывает широкий круг вопросов, выходящих за пределы проблематики инженерной психологии. Вместе с тем собственно инженерная психология как наука, располагающая обширным арсеналом разнообразных методов исследования, в первую очередь экспериментальных, в книге не представлена, она осталась как бы за кадром. Читатель не увидит, как получены те или иные результаты, не найдет описания методик, с помощью которых он мог бы экспериментально уточнить приводимые общие рекомендации применительно к интересующим его конкретным условиям. Однако именно это обстоятельство позволило авторам компактно изложить большое количество рекомендаций по учету психофизиологических характеристик человека при конструировании различного оборудования, и в этом состоит основное достоинство книги. Учитывая сказанное, ее можно было бы назвать справочником по эргономике или по учету психофизиологических факторов при конструировании оборудования.

Не все бесспорно в книге Вудсона и Коновера, не все сведения, приводимые авторами, в том числе, например, по механизмам воспринимающих систем человека, могут рассматриваться как справочные. Однако мы не считали необходимым вступать с авторами в дискуссию в тех случаях, когда их данные не могут привести к конструкторским ошибкам.

Следует предостеречь конструкторов от некритического использования приводимых американскими авторами антропометрических данных, поскольку они порой существенно отличаются от антропометрических характеристик, свойственных населению (мужчинам и женщинам) нашей страны. В соответствующем разделе (гл. 5) нами добавлены

1 Заказ № 492

антропометрические данные, любезно предоставленные С. И. Успенским (Ин-т антропологии МГУ) и С. В. Ермаковой (ВНИИ технической эстетики), полученные ими при обследовании населения г. Москвы в 1966 г.

И еще одно существенное замечание. Как уже говорилось, в гл. 1 авторы излагают основы системного метода проектирования и при этом указывают на необходимость рассмотрения всех характеристик и параметров разрабатываемой системы в их взаимосвязи, переходя от общего к частному, от главного к второстепенному. Однако в дальнейшем этот важный методический принцип ими не соблюдается. В справочнике в основном приводятся относительно разрозненные рекомендации по выполнению отдельных элементов устройств отображения информации, пультов управления, орудий труда и рабочей среды. Между тем инженерно-психологические исследования и практика проектирования систем, в особенности операторских и диспетчерских пунктов, в последние годы со всей очевидностью показали необходимость комплексного рассмотрения всех факторов, влияющих на человека в процессе его деятельности, и вообще всех элементов и характеристик систем. В дальнейшем необходимо создание руководств, именно так освещающих вопросы проектирования систем «человек и машина».

Нам представляется уместным более подробно рассмотреть эти общие методологические вопросы на конкретном примере.

В практике конструирования различного оборудования особенно часто возникает необходимость создания устройств отображения информации *, являющихся одним из важнейших согласующих элементов в системах «человек и машина». Всю разработку устройства отображения можно расчленить на ряд этапов, связанных с последовательным решением задач, переходя от наиболее общих к частным **:

1. Выбор наиболее представительной информации.
2. Согласование потока информации с реальными возможностями человека по ее переработке.
3. Выбор способа подачи информации, типа устройства отображения.
4. Разработка общей структуры и компоновка устройства отображения.
5. Выбор типов отдельных контрольно-измерительных приборов, индикаторов, алфавита мнемознаков и т. д.
6. Выбор характеристик приборов и индикаторов (формы шкал и стрелок, интервалов деления и оцифровки шкал, цвета и яркости свечения сигнальных табло и ламп, шрифтов для надписей и т. п.).
7. Создание макетов и их лабораторные и натурные испытания.
8. Уточнение проектных решений на основе результатов испытаний.

В гл. 2 авторами обстоятельно рассматриваются лишь пятый и шестой этапы и довольно бегло — четвертый и седьмой.

Выбор наиболее представительной информации (этап 1) производится на основе анализа правил технической эксплуатации объекта, специфики системы механизации и автоматизации, особенностей функций человека. Все системы управления подразделяются на шесть основных видов: 1) децентрализованные, в которых управление производится «по месту», т. е. человек находится непосредственно у управляемого агрегата или станка; 2) централизованные, в том числе комплексно механизированные; 3) централизованные, в которых стабилизация некоторых параметров автоматизирована; 4) централизованные, в которых применяются информационные вычислительные машины; 5) централизованные, оснащенные вычислительными машинами-советчиками; 6) централизованные, в которых применяются управляющие вычислительные машины.

* Под устройствами отображения информации понимается разнообразная аппаратура контроля и сигнализации (стрелочные и цифровые приборы, сигнальные табло и лампы, мнемосхемы и т. п.), располагаемая на рабочем месте и служащая для передачи человеку информации о состоянии управляемого объекта или агрегата.

** Аналогичные «иерархия» и очередность решения задач с определенными вариациями могут быть установлены применительно к исследованию и проектированию практически любого сложного изделия. Представление их, скажем, в виде сетевого графика позволяет четко организовать всю работу.

Проектировщиками информационных и управляющих систем накоплен большой опыт в области исследований эксплуатационных, в том числе динамических свойств объектов, на основе которых выбирается наиболее представительная с точки зрения ведения оптимальных режимов информация.

Несравненно менее разработаны вопросы второго этапа. Инженерно-психологическими исследованиями установлено, что в условиях перегрузки информацией точность и надежность ее переработки человеком резко снижаются. Универсальных методов согласования потока информации с реальной «пропускной способностью» человека в настоящее время не существует. Определенные успехи в решении этой проблемы достигнуты благодаря применению математического аппарата теории информации (Ф. Е. Темников, В. И. Николаев, М. М. Бонгард, В. Д. Глезер, Дж. Миллер, В. Гарнер, Ф. Хейк и др.). Однако расчет реальных комплексных систем, включающих человека-оператора, методами теории информации весьма затруднен, а нередко пока и вовсе неосуществим.

В принципе возможен иной путь решения проблемы согласования, который основан на следующем соображении. Все сигналы, возникающие в системе, могут быть разбиты на ряд «иерархических» групп, например на следующие четыре: 1) аварийные сигналы; 2) важные технологические отклонения; 3) прочие технологические отклонения и 4) понижение технико-экономических показателей. На устройство отображения сигналы должны поступать с учетом их очередности и важности в количествах, соответствующих реальным возможностям человека по их восприятию и переработке. Второстепенные сигналы должны задерживаться в специальном устройстве информационной системы — буферном накопителе — и по мере обработки оператором более важных сигналов подаваться на устройство отображения.

Расчет параметров такой информационной системы с регулируемой интенсивностью потока сигналов (оптимального числа одновременно включающихся элементов устройства отображения, объема запоминающего устройства буферного накопителя, времени ожидания в нем, вероятности задержки и длины очереди сигналов разных групп) производится методами математической теории массового обслуживания.

Экспериментальные исследования, проведенные в отделе эргономики ВНИИТЭ, позволили найти для некоторых частных случаев зависимость среднего времени обработки человеком сигналов от числа одновременно воспринимаемых приборов. Опыты подтвердили также эффективность предложенного метода регулирования интенсивности потока сигналов, поступающих на устройство отображения. Данные, необходимые как исходные для расчета параметров конкретной информационной системы, могут быть получены на основе статистического анализа работы или специальных испытаний технологического объекта.

Третий этап разработки устройства отображения включает в себя выбор его типа. В связи с усложнением централизованно управляемых технологических объектов в химической промышленности, металлургии, теплоэнергетике и других областях широкое распространение получили устройства отображения информации типа мнемосхем (см. стр. 2-31).

Мнемосхема представляет собой условное графическое изображение управляемого объекта. При выборе компоновочного решения мнемосхем,

как и многих других типов устройств отображения информации, а также пультов управления, применяются следующие принципы, широко известные в инженерной психологии:

1. Принцип функциональной организации, предусматривающий группирование приборов и сигнальных элементов по их функциям или отношению к отдельным управляемым агрегатам.

2. Принцип значимости. При этом элементы компонуются в зависимости от того, насколько решающими они являются для выполнения определенной группы операций. Наиболее важные приборы помещаются в зону, где имеются наилучшие условия для восприятия оператором их показаний.

3. Принцип расположения с учетом конструктивных особенностей отсчетных частей приборов, скорости и точности, с которыми должны читаться их показания.

4. Принцип размещения в соответствии с последовательностью и логикой действий человека при выполнении различных операций.

5. Принцип частоты использования, по которому часто используемые элементы помещаются в зонах, наиболее удобных для восприятия.

На практике указанные принципы нередко вступают друг с другом в противоречие, и приходится искать компромиссные варианты.

Кроме перечисленных выше принципов, имеющих наиболее общее назначение, можно рекомендовать ряд более специфических принципов, относящихся к компоновке мнемосхем.

1. Лаконичность. Мнемосхема должна содержать лишь те элементы, которые необходимы для обеспечения оператора информацией о состоянии управляемого объекта и выбора оптимального способа воздействия на ход технологического процесса.

2. Обобщение и унификация. Мнемосхему следует освобождать от изображений несущественных конструктивных особенностей объекта. Мнемосхемы объектов одного класса должны по возможности унифицироваться.

3. Автономность. Мнемосхемы самостоятельно (автономно) управляемых узлов и агрегатов должны быть обособлены и четко отграничены от мнемосхем других агрегатов.

4. Акцент на элементах контроля и управления. Независимо от истинных размеров узлы агрегатов, наиболее существенные с точки зрения контроля и управления объектом, должны четко выделяться размерами, формой, цветом.

5. Структурность. Мнемосхемы отдельных агрегатов должны иметь четкие, легко запоминающиеся и различающиеся друг от друга структуры.

6. Пространственное соотнесение элементов контроля и управления. Расположение приборов и индикаторов на мнемосхеме должно быть согласовано с расположением соответствующих им органов управления на пульте.

7. Использование привычных ассоциаций. На мнемосхеме желательно применять не отвлеченные условные знаки, а символы, ассоциирующиеся (по форме, цвету и т. п.) с обозначаемыми предметами и явлениями.

Как мы уже говорили, по пятому и шестому этапам разработки устройств отображения информации авторы приводят большое количество сведений.

Проверку и уточнение проектных решений, основанных первоначально на анализе отдельных элементов, следует производить на натурных действующих макетах. Особенно эффективно применение в этом случае математических аналоговых и аналого-дискретных моделей управляемых объектов с целью возможно более точного воспроизведения

в процессе испытаний и экспериментов реальных условий деятельности оператора *.

Отсутствие в книге последовательного методического описания процесса конструирования в известной степени компенсируется наличием в ней многочисленных ценных инженерно-психологических данных по вопросам, с которыми конструкторам приходится сталкиваться в самых различных областях.

Следует отметить, что оформление справочника (размещение материала, обилие выразительных рисунков, четкая структура графиков, таблиц и схем, взаимное расположение текста и рисунков) является хорошей иллюстрацией излагаемых в книге методов рациональной подачи печатного справочного материала и вообще информации.

Книга может стать настольной для инженеров и художников-конструкторов, создающих разнообразное промышленное и бытовое оборудование. Она может служить также справочным пособием для

специалистов по информационной технике,
проектировщиков систем централизованного управления,
инженеров-строителей,
специалистов по научной организации труда и промышленной эстетике,
светотехников,
проектировщиков транспортных средств,
конструкторов сельхозмашин
и других специалистов.

Помимо этого, книга может служить учебным пособием по курсам эргономики и инженерной психологии в различных вузах.

При подготовке настоящего издания переводчик и редактор пользовались консультациями сотрудников Отдела эргономики Всесоюзного научно-исследовательского института технической эстетики, которым приносят искреннюю благодарность.

В. Венда

* См. Венда В. Ф., Моделирование и научная организация труда операторов, *Социалист. труд*, № 10 (1965).

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРОВ КО ВТОРОМУ АНГЛИЙСКОМУ ИЗДАНИЮ

Это новое издание «Справочника» значительно расширено по сравнению с первым изданием. Можно надеяться, что оно благодаря этому улучшилось, поскольку все добавления сделаны с учетом пожеланий читателей и наших коллег за десять лет, истекших с момента выхода первого издания.

Кроме того, авторам посчастливилось принять в этот период участие в решении широкого круга проблем по учету «человеческих факторов» в промышленности, и основные полученные при этом результаты они постарались сообщить читателю в этом издании.

Наибольшей переработке подвергнуты первые части «Справочника». Глава первая, посвященная системному методу конструирования, написана заново взамен прежнего вводного раздела. Объем второй главы существенно увеличен, при этом мы, однако, пытались сохранить первоначальную форму изложения, которая пришлась по душе большинству конструкторов.

Глава об измерениях человеческого тела была переработана с учетом требований конструктора, в чем нашел отражение практический опыт авторов, которым пришлось работать в тесном контакте с конструкторами самолетов, космических ракет и систем вооружения с самого начала «ракетного века». Изменения в других частях книги менее значительны, но и они отражают многие достижения новейших исследований, особенно в области рационального учета характеристик человека при проектировании промышленного оборудования и при создании космических кораблей.

Авторы хотели бы выразить свою признательность всем, кто своими замечаниями, критикой и одобрением помог им за прошедшие десять лет улучшить содержание и форму «Справочника». Особую благодарность мы выражаем Издательству Калифорнийского университета, по инициативе которого была предпринята подготовка второго издания. Наконец, мы благодарим д-ра Джона Койна из Калифорнийского университета за участие в написании раздела по бионике, кибернетике и «инженерной нейрофизиологии», а также Кларка Хаклера из Центра пилотируемых космических кораблей НАСА за его критические замечания и помощь в подготовке раздела «Передаточная функция человека».

У. Е. Вудсон,
Сан-Диего, шт. Калифорния

Д. В. Коновер,
Хьюстон, шт. Техас

Сентябрь 1963 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ АНГЛИЙСКОМУ ИЗДАНИЮ

Информация, представленная в этой книге, первоначально была собрана по инициативе Отделения сонарных систем Отдела конструирования и разработки судового электронного оборудования, субсидировавшего эту работу. Предполагалось, что такой материал поможет инженерам учитывать при конструировании оборудования специфические характеристики человека-оператора и таким образом оптимизировать работу систем «человек и машина». Этой цели посвящена и настоящая книга.

Мне хочется выразить признательность многочисленным сотрудникам Лаборатории электроники Военно-морского флота США в Сан-Диего, Лаборатории медицинских исследований в Нью-Лондоне, Лаборатории авиационных медицинских исследований в Филадельфии, Лаборатории авиационно-медицинского оборудования Базы ВВС Райт-Паттерсон и большого числа университетов и промышленных предприятий, которые содействовали авторам при окончательном редактировании этой книги своими комментариями и критическими замечаниями. Особую благодарность мы выражаем д-рам Полу Фиттсу, Дугласу Элсону, Арнольду Смоллу и Максу Ланду за их личную помощь и критический просмотр рукописи.

Искреннюю признательность приношу также всему персоналу редакции, который так хорошо подготовил материал для публикации, а также Издательству Калифорнийского университета за заботу об издании этой книги.

У. Е. Вудсон,
Отделение инженерной психологии
Отдела учета человеческих факторов



В РАБОТЕ НАД КНИГОЙ ПРИНИМАЛИ УЧАСТИЕ

СПЕЦИАЛЬНЫЕ КОНСУЛЬТАНТЫ:

М. ЛИХТЕНШТЕЙН — зрение и другие факторы;
Е. В. ДЭВЕНПОРТ — слух;
Д. Р. КРЕЙГ — методы конструирования оборудования.

РЕДАКЦИОННЫЙ ПЕРСОНАЛ:

Дж. Л. ГОРДОН — редактор;
М. МАНАР — подготовка иллюстраций;
В. ГОЛДСМИТ — карикатурист;
Х. КИРСТЕД — фотограф.

оглавление

Глава 1 ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ — ОДНА ИЗ НАУЧНЫХ ОСНОВ КОНСТРУИРОВАНИЯ

2 КОНСТРУИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И РАБОЧЕГО МЕСТА

3 ЗРЕНИЕ

4 СЛУХ

5 ИЗМЕРЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ТЕЛА

6 ДРУГИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧЕЛОВЕКА

7 СПИСОК ОСНОВНОЙ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ ДЛЯ КОНСТРУКТОРА

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ



NataHaus

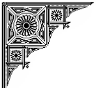
Глава

1

Стр. 1-1

ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ — ОДНА ИЗ НАУЧНЫХ ОСНОВ КОНСТРУИРОВАНИЯ

1-5 Системный метод конструирования
1-10 Перечень показателей работы персонала с оборудованием
1-23 Сравнение человека и машины
1-24 Надежность человека
1-27 Человек как переработчик информации
1-30 Стандартизация и инженерная психология
1-32 Специальные средства и аппаратура, применяемые при проектировании систем «человек и машина»
1-34 Рекомендации по составу специалистов инженерно-психологической организации
1-36 БИОНИКА, КИБЕРНЕТИКА И «ИНЖЕНЕРНАЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ» (Дж. М. КОЙН)
1-41 ЛИТЕРАТУРА



ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ — ОДНА ИЗ НАУЧНЫХ ОСНОВ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Совокупность знаний об учете психофизиологических характеристик человека в практике конструирования является научной основой для особого подхода к проблемам разработки и создания оборудования, направленного на то, чтобы работа с этим оборудованием совершалась более эффективно и с минимальным количеством ошибок. При этом ставится цель сделать орудия труда более удобными в эксплуатации, более комфортабельными, исключить возможность их ошибочного применения, снизить до минимума отрицательное воздействие условий труда на нервную систему человека и его работоспособность.

Предлагаемые здесь принципы, указания и рекомендации ни в коей мере не являются непреложным законом. От конструктора требуются инициатива и изобретательность, глубокие инженерные познания и способность выносить собственные обоснованные суждения. Чтобы создать изделие, отвечающее требованиям инженерной психологии, должны всегда прежде всего учитываться следующие два принципиальных соображения:

Не претендуйте на то, что вы своими психическими и физическими характеристиками, своими симпатиями и антипатиями представляете все человечество.

Помните, что все так или иначе конструируется для человека и для использования человеком.

ВЫ ВОВСЕ НЕ ВСЕГДА ОТРАЖАЕТЕ НУЖДЫ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Слишком часто конструктор полагает, что, будучи человеком, он является типичным представителем всех людей, которые предположительно будут пользоваться создаваемым им оборудованием. Именно по этой причине появляются чересчур высокие или низкие столы и стулья или слишком тесные кабины самолетов. К счастью, при создании множества изделий конструкторы могут удовлетворить потребностям большинства людей, опираясь на соображения здравого смысла. Однако постоянное усложнение конструкций за последние годы и возникновение необходимости объединения человека и машины в единую систему уже не позволяют ограничиваться одними лишь соображениями здравого смысла. Для полного объединения в единую систему человека, машины и среды, кроме инженерных знаний и навыков, требуется применение и многих новых научных дисциплин и профессиональных знаний.

Конструктор сможет успешно воплотить в изделии принципы инженерной психологии только при условии, что он осознает необходимость прибегать к помощи этих многочисленных новых дисциплин. В настоящее время специалисты усиленно работают над тем, чтобы более глубоко изучить особенности реакций и поведения человека, в частности в про-

цессе его взаимодействия с машинами в сложных системах «человек и машина». Информация, которую накопили психофизиологи, должна осмысливаться и применяться конструкторами наряду с их собственными знаниями и навыками.

Всесторонний учет характеристик человека при конструировании оборудования — коллективная задача обширной группы людей, и каждый член этой группы должен уважать других ее членов, отдавая себе отчет в необходимости комплексного подхода к проблемам конструирования.

ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ В СВОИХ ВЫВОДАХ В СИЛЬНОЙ СТЕПЕНИ ОПИРАЕТСЯ НА ДАННЫЕ СЛЕДУЮЩИХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРИКЛАДНЫХ НАУК:

Психология	Исследование операций
Медицина	Вычислительная техника
Физиология	Электроника
Антропология	Термодинамика
Биология	Техническая эстетика
Нейрофизиология	Прикладная механика
Акустика	Светотехника
Оптика	Химическая технология
Химия	Кибернетика
Физика	Промышленная гигиена
Математика	Биомеханика
Психиатрия	Педагогика

Вероятно, многие конструкторы плохо представляют себе, какая связь существует между этими дисциплинами. Поэтому конструктор, заинтересованный в правильном учете характеристик человека в своей практике, должен прежде всего осознать, насколько мало он по сути дела знает о человеке, в частности о том, как человек видит, слышит, реагирует, думает, каковы размеры тела человека, для которого он конструирует предметы, как далеко он может дотянуться рукой и насколько он может согнуться, какой мускульной силой он обладает.

Как правило, конструктор не может быть профессионально компетентен во всех этих вопросах. Фактически даже узкие специалисты в этих областях еще не имеют полного представления о возможностях человека, и это особенно относится к работе человека в сложной системе управления.

ВСЕ КОНСТРУИРУЕТСЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ

Это категорическое утверждение вначале неизменно вызывает сомнение, поэтому важно прежде всего пояснить, почему именно оно составляет основу всей концепции учета психофизиологических характеристик человека при конструировании. Стоит подвергнуть объективному анализу любое сконструированное изделие, чтобы убедиться в этом.

Современный грифельный карандаш с резинкой на конце был сконструирован потому, что люди испытывали нужду в орудии письма, позволяющем немедленно стирать что-то из написанного ими, а не потому, что нам нравится создавать маленькие кусочки дерева с грифелем внутри и резинкой на конце. Самолет на 90 пассажиров был сконструирован, чтобы перевозить людей, а не потому, что нам приятно конструировать крылья и хвостовые отсеки. Дома были сконструированы, чтобы предоставить укрытие людям и их имуществу, а не потому, что нам понравилось конструировать стены и крыши. Даже газеты выпускаются для людей, а не ради удовольствия запустить печатную машину. С наступлением века техники, особенно с развитием автоматических устройств, возникло ошибочное представление, что по крайней мере эти новые устройства конструируются не для людей. Ничто не может быть более далеко от истины. Хотя управление автоматическими установками требует меньше людей, уход за ними и их программирование опять-таки осуществляются людьми, которые заставляют их выполнять полезные для людей задачи. Сложная вычислительная машина построена не ради удовольствия, вызываемого высокой скоростью выполнения ею различных операций. Космический корабль сконструирован не потому, что нам нравится смотреть на это изумительное сооружение на ракетодроме.

Все эти изделия конструировались и конструируются для того, чтобы расширить возможности человека в том или ином направлении,— все они, таким образом, создаются для человека! Если мы научились помнить о человеке как о центральном факторе конструирования, то мы усвоили первое правило инженерной психологии; такая концепция часто обозначается как «психофизиологические основы конструирования» или «эргономика» *. Это означает, что мы начинаем с человека и смотрим, какими устройствами следовало бы его снабдить, чтобы он мог выполнить данную работу или достигнуть заданной цели. Пещерный человек обрабатывал свою дубинку примерно из того же расчета. Сначала он понял, что ему нужно расширить сферу досягаемого для его руки и увеличить смертоносность своего удара при защите от врагов. Позднее он понял, какие преимущества ему дает нападение на врагов или охота на животных с большего расстояния,— и в результате появились праща, а также лук и стрела.

КТО КОНСТРУИРУЕТ ДЛЯ ЛЮДЕЙ?

Часто полагают, что принципы инженерной психологии применимы лишь к очень ограниченному кругу конструкторских задач. Обычно мы считаем, что эти принципы должны учитываться при конструировании кабин самолетов, пультов электронных установок, центров управления запуском ракет, пунктов диспетчерского управления воздушным движением военно-транспортных средств, а теперь еще и космических кораблей и ракет. Однако, к сожалению, имеется тенденция (особенно в США) игнорировать применение этих принципов в некоторых более обыденных, повседневных проблемах конструирования. Например, очень мало в этом отношении сделано в области проектирования домов, разработки бытовых приборов, планировки заводских помещений, конструирования промышленного оборудования, при строительстве школ, больниц, административных учреждений, библиотек, при конструировании легковых автомобилей, автобусов, железнодорожных вагонов, кораблей, сельскохозяйственных машин, книг, игрушек и даже спортивного инвентаря.

В Европе большое внимание было уделено проблемам быта и методам повышения производительности труда индустриального рабочего. В Америке же вначале главной областью применения нового метода

* Определение термина «эргономика» см. в предисловии.— *Прим. ред.*

было создание военного оборудования. В настоящем втором издании Справочника по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов мы пытаемся охватить более широкий диапазон проблем, чтобы таким образом сделать книгу полезной для большего круга конструкторов и проектировщиков, включая

архитекторов,
инженеров-строителей,
конструкторов электрооборудования,
создателей сельскохозяйственных машин,
конструкторов автомобилей,
светотехников,
дорожных инженеров,
проектировщиков коммерческих транспортных средств,
конструкторов оборудования сантехники,
конструкторов мебели.

Особо следует остановиться на роли ХУДОЖНИКОВ-КОНСТРУКТОРОВ в промышленности. Художники-конструкторы играют особую и чрезвычайно важную роль в современном конструировании. Они внесли красоту и функциональную целесообразность во многие изделия, используемые в современном обществе. Эти специалисты призваны играть все большую роль в оптимизации системы «человек и машина». Выражение во внешнем облике продукта его качества и эффективности оказывает вполне определенное психологическое воздействие на покупателя, на то, как он принимает и применяет данное изделие. Люди обычно выбирают и покупают те изделия, которые «кажутся лучше». Они также имеют тенденцию более бережно обращаться с красивым изделием и во многих случаях применяют его и ухаживают за ним с бо́льшим вниманием, так как гордятся им. Поскольку художник-конструктор и декоратор стали играть столь выдающуюся роль в нашем обществе, для них, возможно, еще важнее, чем для других специалистов, правильное понимание и применение принципов инженерной психологии.

Художник может повлиять на покупателя уже одной эффектной упаковкой продукта, заставив его предпочесть изделие, не вполне отвечающее требованиям инженерной психологии. Именно поэтому он несет моральную ответственность за соблюдение научных требований при конструировании изделия, помимо его внешней привлекательности. Легко привести примеры отрицательного влияния «украшательства» на качество изделий. Одно и то же изделие может претерпеть несколько циклов стилизации на протяжении всего нескольких лет, причем хорошая первоначальная конструкция может при этом ухудшаться в угоду изменению внешнего вида изделия. Художник-конструктор, допускающий такое ухудшение, недобросовестен и представляет угрозу для общества и для технического прогресса. К счастью, красоты можно добиться и без нарушения научных принципов конструирования. Если изделие, сконструированное рационально с точки зрения инженерной психологии, имеет также хороший внешний вид, публика выберет именно это изделие.

Конструктор должен обеспечить потребителю возможность выбора (поскольку человеку свойственно сравнивать и выбирать), но при этом нет необходимости ухудшать изделия с точки зрения соответствия требованиям инженерной психологии. Следует запомнить правило: на первом месте всегда должны стоять требования инженерной психологии, и лишь на втором месте — его декоративные качества!

РУКОВОДИТЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЙ также ответственны за совершенство изделий с инженерно-психологической точки зрения. Бывает так, что руководитель предприятия не раз заходит в конструкторское бюро и настаивает на добавлении различных украшений. Если руководители не понимают значения нового метода, они легко могут испортить рациональную конструкцию, будучи при этом уверены, что способствуют повышению спроса на изделие. Шансы иметь постоянного покупателя изделий, которые неудобны в употреблении и требуют сложного ухода, поистине очень невелики.

СИСТЕМНЫЙ МЕТОД КОНСТРУИРОВАНИЯ

Когда речь идет о психофизиологических характеристиках человека, на которого мы рассчитываем данное изделие, мы всегда должны помнить, что они зависят от разнообразных факторов. Так, при той же интенсивности света лампа кажется человеку ночью ярче, чем днем. Скорость вашего автомобиля кажется вам большей на улице с оживленным движением пешеходов и транспорта, на крутом повороте, на узкой горной дороге, чем на прямом, свободном от машин шестирядном шоссе. Сложное задание кажется вам гораздо более легким, если вы выполняете его в тихом кабинете, где вам никто не мешает, а не в шумной, переполненной людьми комнате, где вас постоянно отвлекают телефонными звонками или обращенными к вам вопросами. Отремонтировать радиолокационную антенну гораздо легче в теплый солнечный день, чем во время бурана.

Приступая к разработке нового изделия, конструктор должен принять во внимание многие факторы, помимо специфики самого изделия, в том числе, например, способ употребления изделия, среду, в которой оно будет использоваться, будет ли оно попеременно использоваться различными людьми, не будет ли человек при пользовании изделием вынужден одновременно выполнять и другую работу. Все эти факторы оказывают влияние на характер использования изделия. Даже интеллектуальный уровень, двигательные навыки и степень тренированности оператора (потребителя) должны быть приняты во внимание при конструировании.

В ВВС США своевременно поняли важность применения системного подхода при разработке вооружения, включая и «человеческий фактор», т. е. проблему кадров обслуживающего персонала. Несколько лет назад были предприняты меры, направленные на признание проблем «человеческого фактора» равными по важности традиционным конструкторским и технологическим проблемам. Образована секция «подсистемы персонала», сокращенно PSS (Personal Subsystem) [30]. Было выяснено, что многие системы и изделия не обеспечивали высокой эффективности и надежности по той причине, что в момент их поставки отсутствовал персонал надлежащей квалификации, который мог бы с ними работать. При этом пришлось осознать, что проблемы «человеческого фактора» охватывают самые различные вопросы и не сводятся только к числу необходимых для обслуживания людей. Выяснилось, что при создании различных изделий не применялись в полной мере принципы инженерной психологии, не достаточно глубоко были изучены новые функции операторов и ремонтников при работе с оборудованием. Поэтому к моменту ввода в эксплуатацию нового оборудования и не было подготовлено необходимое количество квалифицированных кадров. Далее, выяснилось, что новые системы и оборудование не были испытаны на типичном для воздушного флота личном составе. В результате, когда системы были переданы в эксплуатацию, для обслуживания оборудования пришлось привлекать высококвалифицированных технических специалистов из промышленности. Стало очевидным, что обслуживание оборудования часто чересчур сложно для рядового солдата. Для преодоления всех этих недостатков была образована служба PSS и проведен тщательный анализ новых контрактов, чтобы обеспечить в будущем обязательное применение системного метода.

В сущности идея этой новой службы состояла в совместной разработке технических и эксплуатационных характеристик оборудования. Секция PSS включает девять служб: 1) непрерывный сбор и регистрация данных о персонале и оборудовании (PED); 2) внедрение и контроль применения методов инженерной психологии в конструировании (НЕ); 3) систематический сбор информации о потребном персонале различной квалификации (QQPRI); 4) разработка новых методов обучения (ТС); 5) разработка соответствующих планов обучения персонала (ТР); 6) своевременный сбор информации для планирования учебно-тренировочного оборудования (TEPI); 7) разработка и изготовление учебно-тренировочного оборудования (TED); 8) планирование и подготовка технических инструкций и руководств для обучения пользованию новым оборудованием (ТОТМ); 9) проведение постоянных испытаний и аттестации персонала для обеспечения эффективной работы системы при запланированном количестве и качестве персонала (PSTE).

ДАННЫЕ О ПЕРСОНАЛЕ И ОБОРУДОВАНИИ

Осознав необходимость регистрации всех данных, характеризующих различные этапы работы, исполнители контрактов должны обеспечить сбор и систематизацию всей информации, касающейся вопросов конструирования оборудования, подготовки и расстановки персонала, разработки учебного и тренировочного оборудования, оценки результатов испытаний системы «человек и машина». Данные по выполнению программы подрядчиком должны быть в любой момент доступны, чтобы можно было проверять состояние разработки оборудования, быстро вводить необходимые конструктивные изменения и т. д. Такое досье обеспечивает ценный фактический материал, из которого многое может быть использовано и в будущих разработках [10].

УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ

Работникам ВВС стало ясно, что раньше принципы инженерной психологии часто применялись «пост фактум», когда изделие уже было почти готово. Это позволяло лишь регистрировать недостатки. Поэтому требования инженерной психологии были поставлены во главу списка рекомендаций по конструированию, с тем чтобы они применялись уже на самых ранних фазах разработки проекта, а затем последовательно проводились в жизнь при проектировании, рабочем конструировании, производстве и испытаниях изделий. Это в равной степени относится как к основному самолетному оборудованию, так и к наземному и тренировочному оборудованию [21, 23].

ИНФОРМАЦИЯ О КОЛИЧЕСТВЕ И КВАЛИФИКАЦИИ ПОТРЕБНОГО ПЕРСОНАЛА

Для того чтобы заказчик мог заблаговременно подготовить достаточное количество обслуживающего персонала соответствующей квалификации, исполнитель должен выяснить, какого типа задания люди будут выполнять на создаваемом новом оборудовании, какие специальности при этом потребуются и какое количество людей следует подготовить для правильного обслуживания системы [9, 12, 15, 29].

Для этого необходимо изложить в общих чертах все рабочие операции сразу, как только начнут вырисовываться контуры создаваемого нового оборудования. В процессе конструирования оборудования эти описания постепенно уточняются. В дальнейшем на их основе составляются окончательные инструкции по выполнению рабочих операций и по уходу за оборудованием, разрабатываются принципы планирования обучения и учебные программы. Эти положения были введены в ВВС США много лет назад, а в настоящее время они рассматриваются как неотъемлемая часть системного метода конструирования.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ

Методы обучения персонала работе с новой системой должны быть продуманы заранее. Это осуществляется в тесном контакте с ВВС. Разработка общих принципов обучения является естественным продолжением мероприятий, проведенных на предыдущих стадиях. Методы обучения начинают продумываться еще конструктором, поскольку только он точно знает, какие требования к оператору предъявит новое оборудование.

ПЛАН ОБУЧЕНИЯ

Как только методы обучения четко определены, должен быть разработан развернутый план, обеспечивающий своевременное выполнение программы обучения. План обычно включает: поэтапную программу обучения персонала подрядчика, программу обучения кадров заказчика, осуществляющих приемку оборудования, и, наконец, программу обучения личного состава военного подразделения, который должен уметь обращаться с оборудованием, когда оно будет доставлено.

СБОР ИНФОРМАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Сложные учебно-тренировочные системы должны разрабатываться заблаговременно, до начала осуществления программы обучения. Поэтому планирование такого учебно-тренировочного оборудования нужно начинать еще на ранней стадии, почти одновременно с началом разработки конструкции основного оборудования. Должны быть согласованы с заказчиком все важные вопросы и своевременно составлены подробные технические условия, чтобы оставить достаточно времени для конструирования и изготовления оборудования.

Менее сложное учебное оборудование (в частности, действующие модели, тренажеры и т. д.) может предлагаться на совместных совещаниях заказчиков и поставщиков для включения его в общий план создания учебно-тренировочного оборудования.

СОЗДАНИЕ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Разработка учебно-тренировочного оборудования происходит таким же образом, как и всякого другого оборудования, и требует учета соответствующих правил конструирования, изготовления, испытания и обслуживания. Принципы инженерной психологии должны применяться к учебно-тренировочному оборудованию так же, как они применяются к основному оборудованию. Необходимо помнить, что тренировочное оборудование должно быть доставлено в более ранние сроки, чем основное оборудование, так как обучение пользованию основным оборудованием должно предшествовать его поставке.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИНСТРУКЦИИ И РУКОВОДСТВА

Как и информации о количестве и качестве потребного персонала, технические инструкции и руководства раньше рассматривались как самостоятельная продукция, подчиняющаяся своим особым правилам и выпускаемая совершенно независимыми группами персонала подрядчика и заказчика. Такая обособленность постоянно служила источником недоразумений, поскольку добиться полного согласования между оборудованием и инструкциями, описывающими его устройство и правила его эксплуатации и обслуживания, часто удавалось только после многократных переработок этих инструкций. Новый системный подход непосредственно связал создание технических инструкций с разработкой самого изделия [17].

ИСПЫТАНИЕ И АТТЕСТАЦИЯ ПЕРСОНАЛА

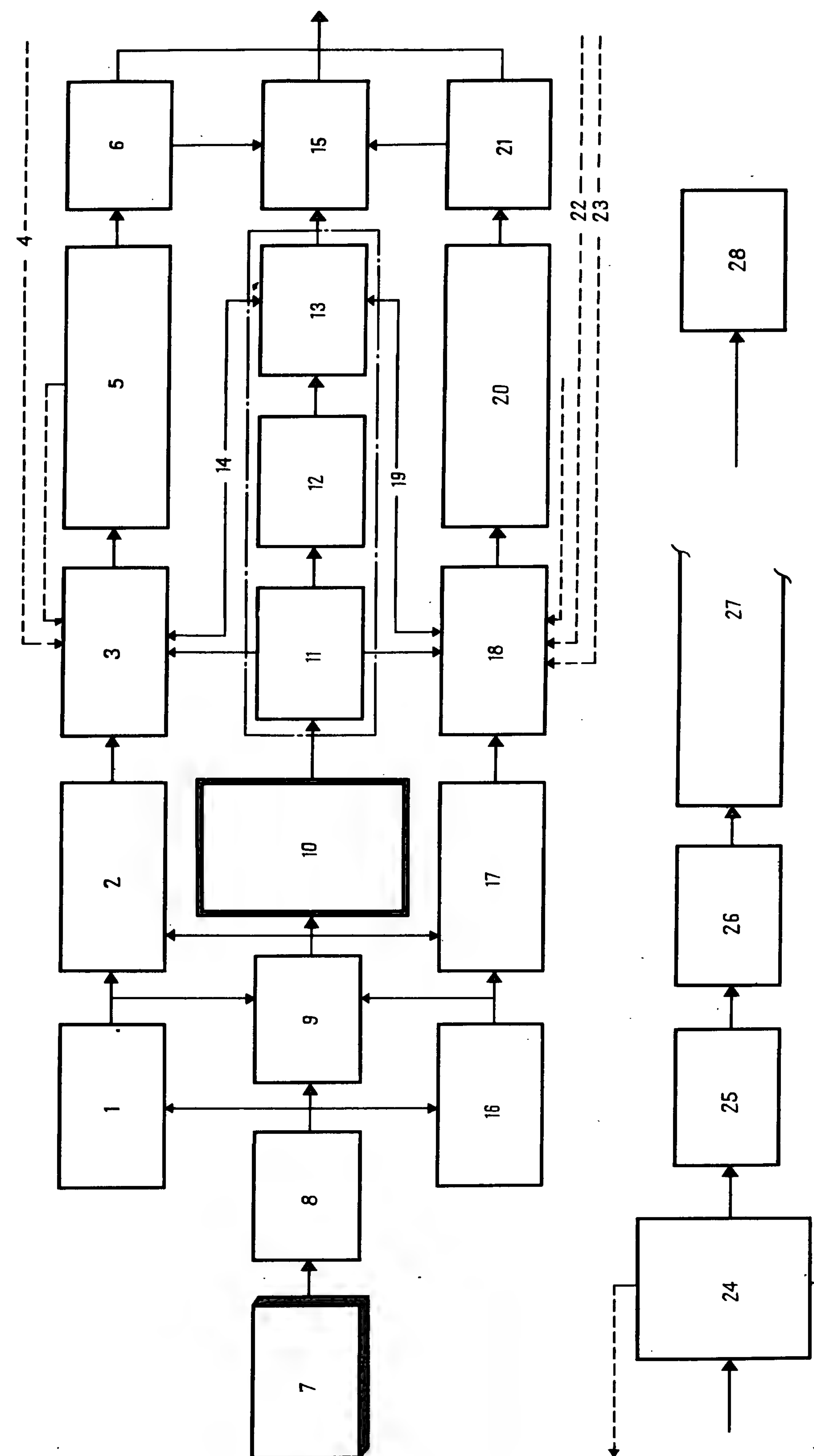
Никто никогда не сомневался в необходимости испытания сложного изделия для оценки качества его работы. Однако до того, как была создана система PSS, мало внимания уделялось необходимости испытания комплексной системы «человек и машина». Это, вероятно, наиболее важное достижение службы PSS. Испытание и аттестация персонала как подсистемы должно проводиться относительно всей системы «человек и машина» и ее отдельных промежуточных звеньев [32].

Большинство пунктов программы PSS изменяется в зависимости от конкретной системы и возникающих специфических требований. Тем не менее основные элементы этой программы остаются неизменными. Для различных систем состав программы изменяется как в отношении количества пунктов, так и по их относительной важности. Однако основные принципы увязки разрозненных элементов в единую систему остаются. Эффективность применения этих принципов со всей очевидностью доказана в процессе выполнения целого ряда программ по разработке систем для военных целей. С некоторыми изменениями, учитывающими особенность их производства и сбыта, они применяются в промышленности при создании изделий со сложными связями «человек — машина».

Необходимо помнить, что системный подход должен применяться уже на стадии составления контракта и что все его элементы должны содержаться в предложениях контракта [30].

Для того чтобы выполнить такую обширную программу, внутри компании необходима специальная организация. Попытка выполнить эту программу с помощью специалистов PSS, разбросанных в различных отделах по всей компании, не приведет к удовлетворительному результату. В системе ВВС, в Центре по внедрению системного метода (Systems Project Office — SPO), для каждого типа изделий и оборудования созданы особые группы. Эти группы имеют в своем составе специалистов во всех областях, которые перечислены в требованиях системного проектирования. Промышленным компаниям необходимо сделать то же самое, чтобы обеспечить более тесный контакт с заказчиком. Системный метод противостоит традиции многих компаний, по которой подобные функции принято возлагать на инженеров-производственников наряду с их прямыми обязанностями. Такое возложение разноплановых обязанностей на одно лицо противоречит требованиям системного проектирования, и его по возможности следует избегать.

Схема организации системного проектирования показана справа как типовой образец взаимосвязей и последовательных фаз, необходимых для успешного создания системы «человек и машина».



ТИПОВАЯ СХЕМА РАЗВЕРТЫВАНИЯ СИСТЕМЫ «ПЕРСОНАЛ И ВООРУЖЕНИЕ» С ЦЕЛЬЮ СОГЛАСОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ТРЕБОВАНИЯМИ «PSS»

1 — описание принципа действия; *2* — общее проектирование главного оборудования; *3* — рабочее конструирование; *4* — данные испытаний; *5* — наладка и испытание опытного образца; *6* — производство; *7* — тактико-технические требования; *8* — определение цели; *9* — анализ функций; *10* — предварительное планирование подсистемы персонала (PSS): а) синтез системы «человек и машина», б) инженерно-психологические критерии, в) уточнение программы PSS, г) предварительное комплектование личным составом; *11* — психологические требования к персоналу; *12* — требования по количеству и квалификации персонала; *13* — составление учебных программ и планов, комплектование учебно-тренировочного оборудования; *14* — технические пособия; *15* — обучение; *16* — анализ вспомогательного оборудования; *17* — общее проектирование вспомогательного оборудования; *18* — рабочее конструирование; *19* — учебное оборудование и технические пособия; *20* — наладка и испытание опытного образца; *21* — производство; *22* — данные испытаний; *23* — данные эксплуатации; *24* — комплексное испытание и оценка системы «человек и машина»; *25* — сдача заказчику; *26* — полевые испытания и оценка; *27* — эксплуатация; 28 — списание оборудования.

ПЕРЕЧЕНЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ПЕРСОНАЛА С ОБОРУДОВАНИЕМ

Широта охвата различных данных* при сборе информации о взаимодействии персонала с оборудованием неодинакова для различных систем. Приводимый ниже обзор может оказаться полезным для справок, так как в нем учтены практически все возможные факторы такого взаимодействия. Включение полного обзора преследует лишь справочные цели и вовсе не предполагает, что все его пункты должны найти отражение в каждой системе. Перечень составлен на основе работы [16].

ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ

Эффективность
1. Точность
2. Надежность
3. Быстродействие
4. Производительность или мощность:
   а) разрушительная сила *
   б) полезная нагрузка
   в) интенсивность переработки информации
      (1) Входные сигналы
         (а) электромагнитные
         (б) химические
         (в) теплотехнические
         (г) знаковые
         (д) акустические
         (е) гидравлические
         (ж) геофизические
         (з) сейсмические
      (2) Запоминающее устройство
         (а) емкость
         (б) обращение
      (3) Обработка информации
         (а) внутренняя
         (б) передача
      (4) Оценка информации
         (а) опознание
         (б) измерение
         (в) классификация
      (5) Индикация

Развертывание системы
1. Финансирование
2. Планирование
3. Комплектование личным составом
   а) источники кадров
   б) подбор кадров
      (1) аттестация
      (2) профессиональные требования
      (3) специфические требования системы

---
* Пункты, отмеченные звездочкой, относятся только к военному оборудованию

   в) использование персонала
      (1) расстановка
      (2) закрепление и смена
      (3) сочетание военного и гражданского персонала *

Уязвимость *
1. Сопротивление разрушению
2. Подвижность
3. Рассредоточение

Среда
1. Общая
   а) климат
   б) погода
   в) температура и влажность
   г) освещение
   д) вредные воздействия
2. Топографические особенности

Дислокация
1. Глубина
2. Ширина

Техническое обслуживание

Поддержание
1. Уход за установкой
2. Обеспечение продовольствием
3. Медицинское обслуживание
4. Транспорт
5. Материальное снабжение
6. Служба тыла
7. Секретность

Персонал (непосредственные требования или ограничения)
1. Комплектование
2. Обучение

РАБОЧИЕ ОПЕРАЦИИ

Подробное описание и графическая документация
1. Профили заданий
   а) вспомогательные наземные функции
   б) воздушные и космические задания
   в) функции по ликвидации аварийных ситуаций
2. Технологические схемы
3. Блок-схемы
4. Поэлементный анализ
5. Графики изменения нагрузки во времени
6. Графики организации работ

Словесное описание операции
1. Общее представление об операции
2. Перечисление задач
3. План операции
   а) организация оперативного участка
   б) инструкции по настройке и проверке оборудования
   в) описание рабочих заданий
4. Групповые операции

Функциональные критерии работы (время, точность и т. д.)

Условия, в которых производится операция
1. Температура
2. Влажность
3. Удары
4. Ускорение
5. Движение воздуха
6. Токсичность (газовая или жидкостная)
7. Шум и вибрация
8. Излучения
9. Изоляция и ограниченность пространства
10. Давление
11. Личное снаряжение, ограничивающее подвижность оператора

Дополнительные данные
1. Пособия
2. Руководства
3. Инструкции
4. Справочники

Расстановка кадров
1. Должностные инструкции
2. Классификация специальностей воздушного флота *
3. Расстановка персонала

СОДЕРЖАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ИСПРАВНОСТИ

Показатели надежности и технологические характеристики
1. Обсуждение программы
2. Требования к надежности системы
   а) анализ конструкции
   б) формулирование требований
   в) показатели
3. Программа испытаний
4. Производственная программа

Методика проведения испытания

Состав испытательной и ремонтной бригады

Периодичность профилактических мероприятий

Обслуживаемость
1. Ремонтопригодность (идеи и конкретные определения)
2. Готовность системы
   а) время удовлетворительной работы оборудования
   б) длительность простоев системы
      (1) остановки для профилактических мероприятий
      (2) простои из-за перерывов в снабжении
      (3) время ожидания и простои по административным причинам

Материалы

Запасные части

Штатное расписание
1. Должностные инструкции
2. Классификация специальностей в воздушном флоте *
3. Расстановка персонала.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ

Включают описание средств управления, проверочной и испытательной аппаратуры и некоторых специальных средств, но не включают описания характеристик ремонта оборудования и средств обучения персонала.

Характеристики представляются в виде:
1) фотографий
2) рисунков
3) светокопий («синек»)
4) схем

Технические характеристики включают в себя также описание операций управления, эксплуатационных характеристик и данных по надежности работы оборудования.

КОНСТРУИРОВАНИЕ С УЧЕТОМ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕЛОВЕКА
(включая биологические и медицинские характеристики)

Инженерно-психологические аспекты проектирования системы

Распределение функций между людьми и машинами

Конструирование оборудования:
1) контрольно-измерительных приборов и индикаторов
2) органов управления

4 Заказ № 492

Размещение
1. Рабочее пространство
   а) пульты управления
   б) верстаки для ремонта оборудования
   в) сиденья, койки, уборные
   г) люки, лестницы, багажники

Проектирование с учетом необходимости замены деталей

Проектирование с учетом возможности ремонта оборудования
1. Точки контроля исправности
2. Места подхода к оборудованию
3. Экстренное выполнение операций по ремонту

Обеспечение жизненно необходимых условий
1. Питание
   а) пища
   б) вода
2. Условия окружающей среды
   а) температура, влажность, вентиляция
   б) защитная одежда
   в) приспособления для снижения или устранения действия перегрузки
   г) гашение шума и вибрации
   д) защита от радиации и дозиметрия
   е) методы изоляции
3. Удаление отходов

Безопасность
1. Биологически вредные воздействия
2. Аварийное и спасательное оборудование (включая средства эвакуации и спасения жизни)
3. Правила техники безопасности

ОБУЧЕНИЕ

Цели
1. Знания
   а) о технологическом процессе
   б) прочая полезная информация
      (1) относительно рабочих операций
      (2) относительно системы
2. Навыки
   а) восприятия
      (1) обнаружение
      (2) идентификация
      (3) считывание показаний контрольно-измерительных приборов
   б) сенсомоторные
      (1) обращение с наладочной и контрольной аппаратурой
      (2) операции по управлению оборудованием с пульта
      (3) операции по управлению полетом
   в) переработки информации
      (1) интерпретация данных
      (2) оценка обстановки и принятие решения
      (3) цифровые вычисления
      (4) планирование работы
   г) коммуникации
      (1) переговорная связь
      (2) письменная
      (3) прочая (телеграфная, светосигнальная и т. д.)
   д) выполнения сложных заданий
      (1) расчет реального времени решения задач
      (2) действия в составе экипажа

Учебные планы
1. Теоретические занятия
   а) программы лекций
   б) расписания семинарских занятий
2. Производственное обучение
   а) программы обучения
   б) расписания практических занятий

Методы преподавания
1. Лекционный
2. Демонстрационный
3. Комбинированный
4. Практические упражнения
5. С применением обучающих машин

Материальная часть
1. Учебное оборудование
   а) тренировка
      (1) демонстрация
      (2) упражнения
      (3) практическое применение
      (4) отыскание неисправностей
      (5) восприятие потока информации
      (6) приемы и правила
   б) подготовка
   в) специальные задачи
      (1) особо сложные навыки
      (2) комбинированные навыки
   г) существующее оборудование для тренировки
   д) изменения конструкции учебного оборудования
      (1) составление калькуляции с учетом стоимости и затрат времени
      (2) оценка возможности модификации оборудования
      (3) эксплуатационные показатели
      (4) требования к монтажу и установке оборудования
      (5) экономические выгоды от смены оборудования
   е) применимость оборудования
      (1) обучение в условиях производства

(2) индивидуальное обучение
(3) групповые тренировки
(4) развитие навыка ухода за оборудованием
ж) рекомендуемое учебное оборудование
(1) типы
(а) моделирующие устройства
(б) тренажеры
(в) вспомогательные учебные пособия
(г) принадлежности для занятий
(д) учебные детали
(е) прочие учебные средства
(2) общее описание и теория операций
(3) фотографии
(4) эксплуатационные инструкции
(5) эскизы
(6) схемы
(7) характерные признаки
(а) обучение навыкам
(б) «перенос» навыков
(в) программирование
(г) безопасность работы
(8) ремонтопригодность
(9) надежность
з) список учебных деталей
(1) наименование
(2) инвентарный номер
(3) изготовитель
(4) предполагаемое назначение детали
(5) начальное количество
(6) имущество, поставляемое по подрядам
(7) классификация по бюллетеню ВВС США № 507
2. Инструкторы
а) учебный план
б) описание задач

Особые задачи
1. Методы обучения
а) особо сложные комбинации навыков
б) особые требования к подготовке
2. Учебное оборудование
а) улучшение использования основного времени
б) состояние знаний
в) специальные установки
г) требования к снабжению энергией
д) влияние климатических условий

Конструирование и размещение учебного оборудования
1. Место преподавателя
2. Место обучаемого

ПРОВЕРКА И ОЦЕНКА ЛИЧНОГО СОСТАВА СИСТЕМЫ

Развертывание системы
1. Планы проверки
2. Основные принципы проверки
3. Подробное описание процесса проверки
4. Список контрольных вопросов

Оборудование
1. Макеты
2. Динамические модели
3. Полетное или вспомогательное оборудование

Руководящие материалы
1. Административные инструкции
2. Руководства по проверке знаний
3. Вспомогательные проверочные материалы
4. Формулы оценки

Материалы по анализу
1. Метод предварительной ориентировочной оценки
2. Анализ по отдельным контрольным вопросам
3. Оценка прочности знаний
4. Оценка глубины знаний
5. Определение направления дальнейшего обучения
6. Нормативы

ОТБОР

Наборы тестов
1. Изобразительные
2. Ситуационные
3. Сенсомоторные
4. Биографические данные
5. Психологические данные
6. Физические показатели

Полезный в данном аспекте опыт, накопленный в
1) гражданских профессиях
2) военных профессиях

Прочие специальные характеристики

РАЗНОЕ

Меры соблюдения секретности *
Система связи
Исследовательские работы
Квартирование
Снабжение продовольствием

ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ

Индикаторы

1. Визуальные
   а) условные
   б) световые
   в) изобразительные
   г) шкальные и цифровые
   д) печатные материалы
   е) комплексные системы для измерения параметров окружающей среды

Для выделения каждого визуального индикатора могут быть использованы следующие средства:

цвет	текстура	информационная емкость
яркость	движение	метод кодирования
контрастность	расстояние	уровень абстракции
временные характеристики	шум	
конфигурация	вибрация	
	ускорение	

2. Акустические
   а) чистые тона
   б) речь
   в) сложные неречевые

Для выделения каждого акустического индикатора могут быть использованы следующие средства:

частота	конфигурация
громкость	тембр
отношение сигнал/шум	движение
временные характеристики	направление на источник звука

3. Тактильные

Для выделения каждого тактильного индикатора могут быть использованы следующие средства:

вибрация	конфигурация
интенсивность	текстура
временные характеристики	движение

4. Проприоцептивные
   а) статические
   б) динамические

Для выделения каждого проприоцептивного индикатора могут быть использованы следующие средства:

давление	движение
напряженность положения	шум (вибрация)
временные характеристики	

5. Прочие сенсорные характеристики (вестибулярная чувствительность, обоняние и др.)

Реакции

1. Пассивные
   а) жизнедеятельность (название реакции)
   б) реакции с использованием технических устройств
   в) наблюдение
      (1) принятие решений
         (а) выбор реакции из возможных альтернатив
         (б) временные характеристики реакций
            1) момент предъявления стимула
            2) определение темпа или согласование с другими элементами системы «человек и машина»
         (в) определение адекватности реакции с помощью соответствующих данных обратной связи
      (2) различение (классификация по аналогии с индикаторами)
      (3) запоминание
         (а) обращение к кратковременной памяти
         (б) обращение к долговременной памяти
      (4) интерпретация фактов
      (5) контроль (классификация по аналогии с индикаторами)
   г) характер процессов
      (1) стационарные процессы
      (2) переменные процессы

2. Активные
   а) управление
      (1) непосредственное воздействие на среду
      (2) действия с использованием технических устройств

(а) кранов	(д) штурвалов
(б) переключателей	(е) педалей
(в) рычагов	(ж) ручек
(г) кнопок	

      (3) регулирование
         (а) дискретное
         (б) непрерывное регулирование отдельного параметра
         (в) непрерывное связное

Для каждого режима работы могут быть использованы следующие входные сигналы:

усилия	временные характеристики	ограничение подвижности
направления	положение тела	условия среды

      (4) характер процессов
         (а) стационарные
         (в) моторные
         (б) переменные

б) не связанные с управлением
  (1) функции
    (а) калибровка и настройка
    (б) удаление и установка
    (в) текущий и капитальный ремонт
    (г) уборка, чистка и продувка
    (д) испытание и проверка
    (е) осмотр
    (ж) соединение — рассоединение
    (з) обслуживание, заправка, смазка
    (и) диагноз аварийного состояния
    (к) хранение, упаковка, складирование
    (л) сообщение, доклад, запись
    (м) транспортировка, переноска, подъем, передвижение, погрузка — разгрузка
  (2) действия с использованием технических средств
    (а) эксплуатация
    (б) испытание
    (в) обеспечение
  (3) коммуникации
    (а) речевая связь
    (б) другие виды связи
    (в) манипулирование
    (г) различение
  (4) характер процессов
    (а) стационарные
    (б) переменные
    (в) схемные
    (г) системные

Обратная связь
(классификация та же, что и для индикаторов)

Критерии оценки
1. Время
2. Точность

Ответственность
1. Степень ответственности
2. Вероятность ошибки

Время исполнения (часы, минуты)

Место работы

Частота совершения операции
с (один раз за смену)
д (один раз в день)
2*н* (два раза в неделю)

Новизна задания

УРОВНИ АНАЛИЗА И ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ

УРОВЕНЬ АНАЛИЗА	ЦЕЛЬ	ПРИМЕНЯЕМЫЕ МЕТОДЫ
Система	Исследовать эффективность системы при выполнении конкретной задачи	Методы исследования операций [8, 18]
Подсистема	Найти наилучший способ выполнения определенных требований данной задачи	Системный анализ, матричные методы
Функция	Найти наилучшее сочетание компонентов, необходимых для создания подсистемы	Анализ систем «человек и машина» [28] Функциональный анализ
Задача	Найти наилучшее применение возможностей человека для выполнения требуемых функций	Анализ задачи Метод временных диаграмм [13] Логические модели [23, 27] Теория информации [1]
Подзадача	Найти наилучшее применение возможностей человека для выполнения конкретной задачи	Анализ нагрузки оператора [23] Диаграммы последовательности действий оператора Теория статистических решений Анализ потоков информации
Элемент	Найти наилучшее применение возможностей человека для выполнения конкретной подзадачи	Профессиографический анализ действий оператора во времени Поэлементный анализ задачи

NataHaus

СИСТЕМНЫЙ МЕТОД ПРИМЕНИМ К РЕШЕНИЮ ЛЮБЫХ ПРОБЛЕМ

Общий метод разработки систем «персонал—оборудование», обсуждавшийся выше, не обязательно должен применяться ко всем проблемам, связанным с объединением людей и технических устройств. В повседневной работе полный метод, связанный с учетом огромного количества деталей, зачастую неприемлем, поскольку он отнимает слишком много времени и средств. Во многих случаях оказывается невозможно провести анализ и исследовать проблему с самого начала, так как основные решения по проектированию системы уже приняты. Несмотря на это, системный метод, незаменимый в проектировании больших систем, применим к любой второстепенной приставке или составной части более сложной системы. Независимо от того, начинаете ли вы проектирование системы «человек и машина» с «первого штриха» или только улучшаете внешний вид оборудования, для успешного решения проблемы совершенно необходимы следующие основные этапы (фазы).

ФАЗА ИНФОРМАЦИИ — соберите необходимую информацию о требованиях к оперативному управлению, о вероятных ограничениях, об окружающих условиях и о людях, которые будут использовать изделия или оборудование, чтобы иметь возможность четко сформулировать основные цели предстоящего проекта.

ФАЗА ПЛАНИРОВАНИЯ — исследуйте конкурирующие способы достижения поставленных целей, приняв во внимание такие факторы, как экономика, легкость изготовления, надежность, простота ремонта и обслуживания.

ФАЗА ВЫБОРА — выберите конструкцию, которая кажется оптимальной с точки зрения требований, перечисленных в описанных выше фазах информации и планирования. Проработайте выбранную вами конструкцию с учетом положений инженерной психологии, излагаемых в других разделах этой книги.

ФАЗА ПРОВЕРКИ — постройте модели или макеты конструкции с тем, чтобы оценить или испытать ее соответствие установленным требованиям. В тех случаях, когда динамические характеристики оказываются критичными с точки зрения управления, необходимо провести расчет критериев оценки качества процессов управления.

ФАЗА НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ — в зависимости от характера конструкции может оказаться необходимым испытать ее в реальных эксплуатационных условиях с участием реального эксплуатационного персонала, на который в конечном счете рассчитана конструкция. Часто на практике желательно проводить подобные испытания в присутствии заказчика, что позволит по принципу обратной связи накопить информацию, полезную для дальнейшего совершенствования конструкции.

Проектируя оборудование, конструктор должен постоянно думать о потребителе (операторе). Он должен уметь подробно описать все, что предстоит делать оператору в процессе эксплуатации и обслуживания оборудования. Очень часто составление описания процесса работы или выполнения задания перепоручается специалисту по инженерной психологии. Конструктор должен научиться делать это сам, за исключением тех случаев, когда он предвидит возможность возникновения особых

трудностей для потребителя. И конструкторы, и специалисты по инженерной психологии сталкиваются с необходимостью решения таких технических вопросов, как, например: «должны ли определенные функции выполняться оператором вручную или их выполнение должно быть автоматизировано?» В настоящее время ответ на этот вопрос не может быть односложным: «да» или «нет». Имеются, однако, определенные факторы, которые могут быть учтены для нахождения достаточно обоснованного решения, хотя они и требуют еще специальной проверки. Специалисты по инженерной психологии создали ориентировочные списки основных показателей, по которым сравнивают человека и машину. Предлагаемая ниже таблица составлена на основе нескольких таких списков.

СРАВНЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА И МАШИНЫ

ПОКАЗАТЕЛИ, ПО КОТОРЫМ ЧЕЛОВЕК ПРЕВОСХОДИТ МАШИНУ	ПОКАЗАТЕЛИ, ПО КОТОРЫМ МАШИНА ПРЕВОСХОДИТ ЧЕЛОВЕКА
Обнаружение полезных сигналов, имеющих очень низкий энергетический уровень	Предостережение (как человека, так и машины)
Чувствительность к чрезвычайно широкому диапазону стимулов	Выполнение однообразных чрезвычайно точных операций
Опознавание образов и их обобщение	Способность очень быстро реагировать на управляющие сигналы
Обнаружение сигналов при высоких уровнях шумов	Плавное и точное приложение больших усилий
Способность хранить большие количества информации в течение длительного времени и вспоминать полезные сведения в нужный момент	Хранение и использование больших количеств информации в течение кратковременных периодов
Способность выносить суждения при неполной информации о событиях	Выполнение сложных вычислений быстро и с большой точностью
Нахождение и использование эвристических методов решения	Чувствительность к стимулам, лежащим за пределами чувствительности человека (инфракрасное излучение, радиоволны и т. д.)
Способность реагировать на непредвиденные маловероятные события	Одновременное выполнение разнообразных действий
Проявление оригинальности в решении проблем	Дедуктивные процессы
Способность учитывать прошлый опыт и менять способ действия	Нечувствительность ко многим посторонним факторам
Способность выполнять тонкие операции, особенно в непредвиденных ситуациях	Способность в течение длительного периода быстро и точно повторять однообразные операции
Способность продолжать действия даже в условиях перегрузки	Действие в условиях, вредных или вообще невыносимых для человека

Вообще, если какая-то часть задания не может быть четко определена заранее (в смысле точного определения требуемых реакций в некоторый заданный момент или при заданных обстоятельствах), эта часть задания должна быть поручена человеку, который должен будет самостоятельно разобраться в ситуации, оценить ее, принять решение и выполнить действие, наиболее соответствующее конкретным условиям, времени и месту.

Известно, что при включении человека в систему зачастую допустимо снижение требований к характеристикам системы. Человек способен оценить сложную ситуацию и «спасти» систему, если даже задание и не будет полностью выполнено. Полностью автоматизированные системы прекращают работу, как только встречаются непредвиденные условия.

Другим важным фактором, который следует учитывать при определении того, должен ли человек находиться «на борту» или принимать участие в управлении системой на расстоянии, является вопрос о безопасности человека. Человек (оператор) должен иметь возможность управлять собственной судьбой, самостоятельно принимая решения там, где ему грозит опасность.

В отношении ракет и систем, используемых для космических полетов, обычно считается желательным иметь на борту человека как фактор повышения надежности системы. Он может в нужном случае исправить одну из подсистем и предупредить провал операции.

Основной руководящий принцип состоит в том, что машина всегда должна рассматриваться как слуга человека. Автоматизация должна помочь освободить человека для выполнения более важных задач, для которых он особенно хорошо приспособлен, таких, как оценка ситуации, планирование, принятие решений и т. п. Машины должны освободить его от выполнения такой рутинной работы, как запоминание подробной информации, проведение арифметических расчетов и выполнение однообразных, шаблонных или строго определенных движений. Не следует, однако, рассматривать эти задачи изолированно, поскольку человек редко выполняет задачи без помощи технических средств. На деле выбор может быть только между комбинацией «человек плюс машина» и машиной.

НАДЕЖНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Надежность человека имеет важное значение не только потому, что в процессе проектирования приходится делать выбор между человеком и машиной, но также и для решения вопроса о том, как использовать человека в системе. Количественное выражение надежности человека — чрезвычайно трудная, а возможно, и нереальная задача. Желательно, однако, рассмотреть надежность человека с точки зрения зависимости между характеристиками человека и определенными факторами, понижающими надежность его действий. Главная задача состоит в максимальном уменьшении вероятности ошибок человека путем рационального конструирования оборудования.

Рассмотрим вначале наиболее общие соотношения между характеристиками поставленной задачи и вероятностью безошибочных действий человека. Предполагая, что человек может действовать наилучшим образом при так называемых оптимальных условиях, мы можем классифицировать виды деятельности в соответствии с характерной для них надежностью, от наиболее высокой до самой низкой:

1. Простая дискретная реакция на одиночный дискретный сигнал.

2. Простая, но меняющаяся реакция на последовательность одиночных сигналов.
3. Одиночная дискретная реакция на многозначные сигналы, требующие выбора, оценки и принятия решения.
4. Последовательные независимые реакции на многозначные сигналы, требующие выбора, оценки и принятия решения.
5. Связные реакции на меняющиеся случайным образом сигналы, требующие экстраполяции, истолкования и принятия решения.
6. Комплексная реакция на сложные сигналы, включающая согласование с действиями другого оператора.

Можно было бы провести и другую классификацию реакций, но данная классификация особенно удобна, чтобы показать взаимосвязь между вероятностью ошибки и сложностью задачи. Само содержание различных задач, перечисленных в списке, не столь важно, как то влияние, которое на их решение оказывают нежелательные привходящие условия. К таким условиям, например, относятся:

- ограничение времени, отведенного на выполнение задания;
- ненормальные температурные условия;
- воздействие на оператора ударов, вибраций и резких механических колебаний;
- отсутствие надлежащего или достаточного освещения;
- ограничение подвижности человека в результате особой одежды или другое аналогичное стеснение его действий;
- недостаток в организации совместных действий;
- увеличение рабочей нагрузки или наличие «шумов» в задаче или в окружающих условиях;
- наличие психического или физического напряжения (перегрузки, невесомость, действие кориолисовой силы, мышечное напряжение и т. д.);
- состояние общей напряженности (в результате бессонницы, гиподинамии *, изоляции и т. д.);
- наличие отрицательных эмоций (страх, тревога, скука и т. д.).

Проектировщики должны так выбирать содержание рабочего задания, чтобы максимально увеличить скорость реакции человека и при этом максимально снизить возможность ошибок и влияние изменений окружающих условий. Необходимо учитывать также влияние мотивации: задача должна в разумной степени мобилизовать внимание оператора, но не приводить его в замешательство. При проектировании необходимо учитывать возможные различия среди операторов в отношении интеллекта, образования, профессиональных навыков и т. п. Конструктор должен остерегаться ошибочных заключений из наблюдений частоты правильных реакций оператора при наличии недостатков конструкции или неблагоприятных условий среды. При конструировании изделий мы обычно не предполагаем, что они всегда будут работать в максимально тяжелом режиме; точно так же и человека нельзя заставлять работать на пределе его возможностей. Особое внимание должно уделяться тем условиям, в которых совместное действие ряда нагрузок может ухудшить деятельность оператора, хотя он в состоянии противостоять любой из них в отдельности.

* Гиподинамия — пониженная подвижность человека, находящегося длительное время в ограниченном пространстве, например в космическом корабле.— *Прим. ред.*

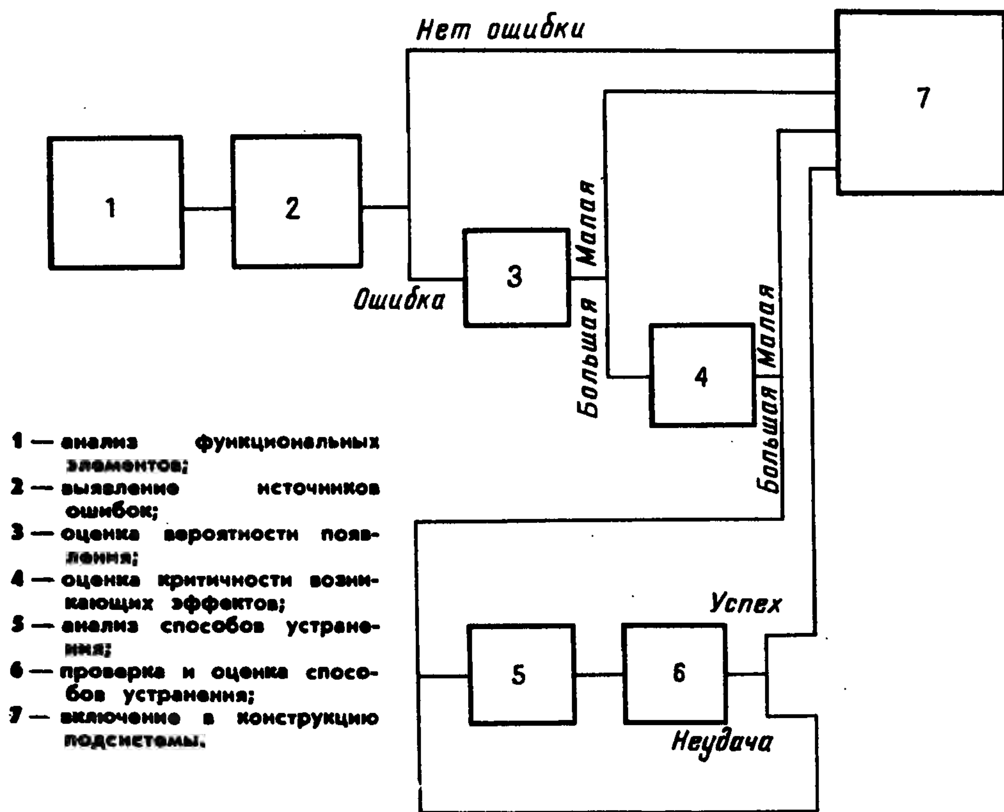
К сожалению, о действии комбинированной нагрузки еще очень мало известно. Конструкторы должны иметь в виду, что для повышения надежности работы человека до требуемого уровня необходимо повсеместно применять данные инженерной психологии. В любом случае вариабельность человека все же такова, что его действия время от времени подвержены ошибкам по совершенно необъяснимым причинам. Поэтому мы не должны усугублять дело, умышленно создавая конструкции или окружающие условия, могущие служить источником ошибок.

Анализ предлагаемой системы обычно позволяет распределить все подсистемы и поручаемые человеку задачи по категориям в зависимости от функциональной значимости ошибок человека.

Например:

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ	ВЛИЯНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЯ («КРИТИЧНОСТЬ»)
0	Не оказывает воздействия
1	Снижает эффективность, но не исключает возможности выполнения задания
2	Приводит к невозможности выполнить задание
3	Приводит к гибели людей или оборудования

Проанализировав ошибки в действии системы и распределив их по приведенной выше шкале оценок, можно получить грубые, но полезные сведения о том, в какой степени надежность системы зависит от оператора.



ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПРЕДСКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЯ ОШИБОК ЧЕЛОВЕКА (по [20])

ЧЕЛОВЕК КАК ПЕРЕРАБОТЧИК ИНФОРМАЦИИ

Знание всех преимуществ и недостатков человека-оператора позволяет наилучшим образом использовать его как звено в системе «человек и машина».

ЧЕЛОВЕК КАК ПРИЕМНИК ИНФОРМАЦИИ

Характеристики орга́нов чувств человека (зрение, слух, осязание и т. д.) таковы, что он является высоконадежным приемником информации. Его постоянные времени относительно велики, составляя от 25 до 150 *мсек*. Диапазон его чувствительности ограничен пределами приблизительно от 20 до 20 000 *гц* в звуковой области и от 4000 до 7000 Å в области электромагнитного спектра. Способность восприятия человеком последовательных сигналов, по-видимому, почти никогда не превышает 10 сигналов в секунду. Пропускная способность «входов» человека легко исчерпывается, поэтому особое внимание должно быть уделено тому, чтобы избегать при передаче сообщений человеку даже частичного перекрытия сигналов, конкуренции между ними или несовместимости визуальных и речевых сообщений.

ЧЕЛОВЕК КАК ПЕРЕДАТЧИК ИНФОРМАЦИИ

Человек может воспринимать сигналы от другого человека или от узлов оборудования и передавать их другим людям или другим узлам оборудования посредством речевой связи, рукояток, кнопок, ключей управления и т. д. Все выходы человека носят характер моторных реакций, они относительно медленны и имеют малую мощность. Даже при большом навыке (печатание на машинке или игра на музыкальном инструменте) количество информации, которое человек способен передать в единицу времени, оказывается ограниченным приблизительно 25 *дв. ед. (бит)* в секунду (6—7 букв или нот в 1 *сек*). Максимальное быстродействие человека как передатчика информации составляет около 40 *дв. ед.*; средняя скорость выполнения человеком простых операций без предварительной тренировки составляет около 2 *дв. ед.* в секунду.

ЧЕЛОВЕК КАК ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

Человек является исключительно хорошей вычислительной машиной. Например, пилот по отрывочной информации, получаемой от приборов контроля режима полета, способен определять направления, скорости, отрезки времени и точки перехвата со значительной точностью. Наконец, человек способен принимать решения, основанные на прошлом опыте и на характере зрительных или слуховых входных сигналов. Человек представляет собой единственную существующую вычислительную машину, способную решать проблемы способом логической индукции.

ЧЕЛОВЕК КАК УПРАВЛЯЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

Передаточная функция человека в системе управления существенным образом зависит от того, каков характер поставленной перед ним задачи. Управляя вертолетом, человек выполняет поразительно сложную работу, удерживая машину в неподвижном состоянии, что потребовало бы от вычислительной машины совместного решения девяти дифференциальных уравнений. При пилотировании самолета летчик стал-

кивается с необходимостью одновременно реагировать на показания нескольких приборов и делает это наиболее успешно, если они предваряют результаты действий пилота.

По-видимому, моторный выход человека имеет полосу пропускания около 10 *гц* и «естественную» периодичность порядка $1/2$—1 *гц*. Поэтому необходимо следить за тем, чтобы человек не был включен в систему с резонансной частотой в этой области, иначе колебания от $1/2$ до 1 *гц* могут претерпеть резонансное усиление.

ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Скорость декодирования информации и вынесения решений, *бит/сек*

Телевизионный канал	$3 \cdot 10^7$
Телефонный канал	$2 \cdot 10^4$
Телетайпный канал	60
Человек	
максимальная скорость	40
обычная скорость	2

К характеристикам человека, которые позволяют использовать его для выполнения описанных выше функций, относятся его сенсорные возможности, двигательные реакции, память, легкая приспособляемость и вычислительные способности.

СЕНСОРНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

При надлежащих условиях освещения человек способен различать цвет, яркость и форму. Диапазон, или амплитуда, зрительного восприятия человека превышает 8 логарифмических единиц, т. е. если принять наименьшую воспринимаемую глазом интенсивность света за единицу, то наибольшая воспринимаемая интенсивность света составит около 100 млн. Глаз реагирует на такие малые количества световой энергии, как 4 или 5 квантов, и при идеальных условиях может обнаружить объект, видимые угловые размеры которого составляют около 0,5 *сек*. Это эквивалентно различению проволоки диаметром 1,6 *мм* на расстоянии около 800 *м*. Способностям человека слышать, осязать, ощущать вкус и запах соответствует различная чувствительность. Энергии звука в $1 \cdot 10^{-10}$ *эрг/сек* достаточно для того, чтобы вызвать реакцию человека. Это лишь ненамного превышает энергию, освобождающуюся при столкновении молекул воздуха при их хаотическом броуновском движении. Самый громкий звук, который человек может воспринимать без вреда для себя, несет приблизительно в 10 миллиардов раз бо́льшую энергию.

Чувствительность глаза и уха близка к теоретическим пределам возможностей физической системы. Действительно, есть основания полагать, что в некоторых случаях «сверхчувствительности» индивидуум фактически слышит звуки, производимые броуновским движением.

ДВИГАТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

Человек может говорить, нажимать на кнопки, пользоваться рукоятками или рычагами. Он может указывать пальцем, писать, нажимать на педали и т. д. Все эти выходы могут быть применены и применяются в системах «человек и машина».

ПАМЯТЬ

Человек обладает хорошей долговременной памятью для хранения обобщенных данных опыта, но довольно плохой кратковременной памятью в отношении большинства своих сенсорных функций. Это особенно относится к слуховым восприятиям. Быстродействие человека невелико по сравнению с вычислительной машиной, но зато он способен восстанавливать в памяти обобщенные образы прошлого опыта для решения неожиданно возникающих проблем. До сих пор ни одна вычислительная машина к этому не способна.

ПРИСПОСОБЛЯЕМОСТЬ

Человек обладает большой способностью приспособления и может успешно выполнять чрезвычайно разнообразную работу, если только не превзойдены пределы его возможностей. Как только предъявляемые к нему требования становятся чрезмерно сложными, эта же приспособляемость может привести к нежелательному ухудшению работы всей системы. Поэтому следует применять машины везде, где они могут избавить человека от примитивной и однообразной работы, и использовать человека там, где необходимо принимать решения или проявлять приспособляемость, к чему машины не способны.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СПОСОБНОСТИ

В нормальных условиях человек удовлетворительно выполняет числовые расчеты. В тех же случаях, когда время, которым он располагает, ограничено, т. е. когда он находится в состоянии напряжения, человек в значительной степени утрачивает эту способность и, таким образом, уступает вычислительным машинам. Однако ни одна вычислительная машина не может сравниться с ним в выполнении качественных нечисловых расчетов.

Эти свойства в какой-то степени являются общими для всех людей. Необходимо помнить, однако, что люди широко различаются по своим способностям, размерам тела, тренированности и ловкости. Пока мы не имеем возможности «управлять качеством» человеческих существ, инженер должен проектировать оборудование, которое могло бы успешно использоваться любым представителем той группы людей, для которой оно предназначено.

Качество выполнения определенной операции человеком обычно имеет тенденцию ухудшаться при увеличении продолжительности работы. Это редко является результатом чисто физиологического утомления. Подобное ухудшение показателей работы скорее является следствием скуки, ослабления внимания, недостатка заинтересованности. При проектировании необходимо позаботиться о том, чтобы человек не был вынужден слишком долго работать с предельной нагрузкой. Кроме того, необходимо уделять внимание окружающим человека условиям. Допустимые пределы воздействия одного внешнего фактора, порождающего напряженность, могут оказаться превзойденными, если несколько факторов действуют одновременно. Всегда, когда это возможно, следует предусматривать в проекте «оптимальные» условия труда; это поможет оператору более точно выполнять требования, которые ставит перед ним инструкция.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

Значение стандартизации для промышленности и торговли было осознано уже много лет назад. Стандартизация имеет особое значение для инженерной психологии. При условии ее разумного использования стандартизация помогает повысить эффективность деятельности людей. Однако в некоторых случаях применение стандартизации как средства улучшения показателей работы человека подменяется простым стремлением к стандартизации ради стандартизации. Стандартизация улучшает условия и повышает эффективность человеческих действий различными путями. Например:

> Люди привыкают к единообразному применению технических устройств. Если на том же принципе основано и вновь создаваемое оборудование, то можно рассчитывать, что люди смогут разобраться в нем, понять его и научиться управлять им без дополнительной тренировки, пояснений или инструкций.
>
> Если некоторое устройство действует в данном оборудовании таким же образом, как и в другом, люди, раз обученные приемам управления, смогут управлять новым оборудованием с меньшим риском ошибиться.
>
> Вероятность правильного использования стандартного инструмента выше, что исключает возможные поломки оборудования.
>
> При наличии стандартных процессов имеется меньше шансов для возникновения аварий и выхода из строя оборудования, поскольку работники знакомы с возможными опасностями и способны к их своевременному распознаванию даже в новых условиях применения.

Конструкторы должны отдавать предпочтение таким инженерным решениям, которые позволяют потребителям быстро освоиться с данным изделием. Другими словами, люди заранее ожидают, что устройства действуют «определенным образом». Такие «ожидания» часто называются устойчивыми стереотипами. Типичным примером может служить водопроводный кран. Люди привыкли, что вращение водопроводного крана влево (т. е. против часовой стрелки) увеличивает поток воды, а вращение вправо перекрывает воду. Поскольку подобные стереотипы существуют, желательно и впредь следовать им!

При конструировании многих изделий может и не быть очевидных стереотипов. Если конструктор в этом не убежден, целесообразно проделать опыт на значительном числе «типичных» потребителей, чтобы удостовериться в том, что при пользовании новым изделием не возникнут недоразумения. Ряд стандартов включен в последующие разделы данного руководства. Многие из них были подсказаны практикой, другие были разработаны специальными комитетами. Приведены лишь те стандарты, которые (по мнению авторов) совместимы с определенными инженерно-психологическими принципами. Однако в общем, к сожалению, существует много неудачных стандартов, осложняющих труд операторов.

Если стандарты создаются без учета требований будущего, их введение может привести к отрицательным результатам. Были случаи, когда стандарты усиленно внедрялись в сознание потребителей, а затем оказывались несостоятельными, так как понижали эффективность действий оператора.

Как известно, расположение клавишей в пишущих машинках унифицировано. Несмотря на то, что в последние годы были разработаны

новые клавишные системы (одна из них повышает скорость печатания примерно вдвое), оказалось невозможным перейти на новую клавиатуру из-за колоссального количества имеющихся старых машинок, сложности проблемы обучения новых машинисток и переучивания тех, которые привыкли к старой системе. Другим примером неудачного внедрения стандарта, казавшегося весьма перспективным, может служить попытка внедрения ручек управления, назначение которых кодируется приданием им соответствующей формы. Оказалось, что человек-оператор эффективно опознает на ощупь такие ручки только в том случае, если они находятся в вертикальном положении; кроме того, различение ручек стало вообще невозможно в связи с миниатюризацией их размеров.

Ниже приводится перечень определенных общих стереотипов; он даст читателю представление о некоторых реакциях человека, которые можно считать «привычными» или «естественными».

ХАРАКТЕРНЫЕ СТЕРЕОТИПНЫЕ РЕАКЦИИ ЛЮДЕЙ

- ЛЮДИ ПРИВЫКЛИ, ЧТО ПОВОРОТ КРАНА, РЕГУЛИРУЮЩЕГО ПОТОК ЖИДКОСТИ, ПО ЧАСОВОЙ СТРЕЛКЕ УМЕНЬШАЕТ ИЛИ ОСТАНАВЛИВАЕТ ПОТОК, А ПРОТИВ ЧАСОВОЙ СТРЕЛКИ — УВЕЛИЧИВАЕТ ЕГО.
- В ОТЛИЧИЕ ОТ ЭТОГО РУЧКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ПРИ ПОВОРОТЕ ПО ЧАСОВОЙ СТРЕЛКЕ ОБЫЧНО ВКЛЮЧАЮТ ИЛИ УВЕЛИЧИВАЮТ ТОК, А ПРОТИВ ЧАСОВОЙ СТРЕЛКИ — ВЫКЛЮЧАЮТ ИЛИ ПОНИЖАЮТ ЕГО.
- ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ЦВЕТА СВЯЗАНЫ С ПРАВИЛАМИ УЛИЧНОГО ДВИЖЕНИЯ И СИГНАЛАМИ БЕЗОПАСНОСТИ.
- ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ ВОДИТЕЛЬ ПРИВЫК, ЧТО ПРИ ПОВОРОТЕ ОРГАНА УПРАВЛЕНИЯ НАПРАВО, ИЛИ ПО ЧАСОВОЙ СТРЕЛКЕ, МАШИНА ТАКЖЕ ПОВОРАЧИВАЕТ НАПРАВО, И НАОБОРОТ.
- ПРИ ВОСПРИЯТИИ ЦВЕТОВ И ИХ ОТТЕНКОВ У ЛЮДЕЙ ЧАСТО ВОЗНИКАЮТ АССОЦИАЦИИ С ЦВЕТОМ НЕБА И ЗЕМЛИ. ТАК, НАПРИМЕР, СВЕТЛЫЕ ОТТЕНКИ И ГОЛУБОВАТЫЕ ЦВЕТА АССОЦИИРУЮТСЯ С НЕБОМ ИЛИ С ДВИЖЕНИЕМ «ВВЕРХ»; НАПРОТИВ, ТЕМНЫЕ ОТТЕНКИ, А ТАКЖЕ ЗЕЛЕНЫЕ И КОРИЧНЕВЫЕ ЦВЕТА АССОЦИИРУЮТСЯ С ЗЕМЛЕЙ ИЛИ С ДВИЖЕНИЕМ «ВНИЗ».
- ЧЕЛОВЕК ПРИВЫК, ЧТО БОЛЕЕ УДАЛЕННЫЕ ПРЕДМЕТЫ КАЖУТСЯ МЕНЬШЕ ПО РАЗМЕРАМ.
- ХОЛОД АССОЦИИРУЕТСЯ С ГОЛУБЫМ ИЛИ СИНЕ-ЗЕЛЕНЫМ ЦВЕТОМ, А ТЕПЛО — С ЖЕЛТЫМ ИЛИ КРАСНЫМ ЦВЕТОМ.
- ОЧЕНЬ ГРОМКИЕ И БЫСТРОПЕРЕМЕННЫЕ ЗВУКИ, А ТАКЖЕ ОЧЕНЬ ЯРКИЕ И БЫСТРО МЕЛЬКАЮЩИЕ СВЕТОВЫЕ СИГНАЛЫ ВЫЗЫВАЮТ ЧУВСТВО ОПАСНОСТИ И БЕСПОКОЙСТВА.
- ОЧЕНЬ БОЛЬШИЕ ИЛИ ТЕМНЫЕ ОБЪЕКТЫ ВЫЗЫВАЮТ АССОЦИАЦИЮ С ЧЕМ-ТО «ТЯЖЕЛЫМ» МАЛЕНЬКИЕ И СВЕТЛООКРАШЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ, НАПРОТИВ, АССОЦИИРУЮТСЯ С ЧЕМ-ТО ЛЕГКИМ И НЕВЕСОМЫМ. БОЛЬШИЕ ТЯЖЕЛЫЕ ОБЪЕКТЫ ПРИВЫЧНО ВИДЕТЬ ВНИЗУ, А МАЛЕНЬКИЕ ЛЕГКИЕ ПРЕДМЕТЫ — НАВЕРХУ.
- ОБЫЧНО ЧЕЛОВЕК ОЖИДАЕТ УСЛЫШАТЬ ЗВУКИ РЕЧИ СПЕРЕДИ, ПРИМЕРНО НА УРОВНЕ ГОЛОВЫ.
- ЧЕЛОВЕК ПРИВЫКАЕТ К СИДЕНЬЯМ ОПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫСОТЫ.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА И АППАРАТУРА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ „ЧЕЛОВЕК И МАШИНА“

Несмотря на то, что почти у каждого конструктора или инженера имеются собственные специальные наборы средств, с помощью которых он разрабатывает чертежи, проводит испытания, измеряет характеристики изделия, важно осознать, что учет «человеческих факторов» требует применения других средств, с которыми средний конструктор обычно мало знаком. Часть этих средств он, возможно, ранее использовал для иных целей. Тогда важно, чтобы конструктор понимал, каким образом использовать эти средства для решения задачи приспособления машины к человеку.

Чертежи с аппликациями (вырезанными накладными элементами) в натуральную величину чрезвычайно удобны, например, при выборе наилучшего расположения органов управления и индикаторов на панели. Если вырезки наклеить на чертеж (рекомендуется применять резиновый клей, чтобы вырезки можно было легко передвигать), а чертеж поместить под требуемым углом и в соответствующем месте по отношению к сидящему оператору, легко проверить зоны досягаемости и читаемости; это позволит удостовериться, что оператор сможет без труда манипулировать органами управления и читать показания приборов. Взаимное расположение органов управления и соответствующих индикаторов должно быть выбрано наиболее рационально с точки зрения легкости установления ассоциаций между ними и последовательностью выполнения рабочих операций.

Уменьшенные модели могут с успехом использоваться для предварительной проверки расположения людей и оборудования с целью обеспечения необходимого свободного пространства для доступа к оборудованию, передвижения людей и размещения общих источников света. Такие модели могут также использоваться при выборе цвета стен помещений, пола, оборудования и т. д.

Макеты в натуральную величину удобны для выбора компоновки и размещения панелей, сидений, люков, окон, шкафчиков и многих других элементов, определяющих пригодность помещения для пребывания в нем человека. При этом вначале такие макеты следует делать как можно более гибкими, из материалов, позволяющих легко перестраивать макеты, таких, например, как картон. В дальнейшем они могут быть выполнены из дерева и пластмасс, из плексигласа, а в некоторых случаях и из металла. В практике промышленного производства нередко допускаются ошибки в использовании натурных макетов. Во-первых, они часто с самого начала изготавливаются из дерева или из металла, что снижает возможность внесения в них изменений. Это иногда ведет к нежелательным компромиссам с точки зрения инженерно-психологических требований из-за стремления избежать дополнительных затрат на перестройку макета. Вторая ошибка, которая носит принципиальный, методический характер, состоит в том, что макеты часто рассматриваются с позиций демонстрации изделия заказчику, т. е. являются больше орудием сбыта, чем средством инженерных поисков. Макеты, служащие инженерным целям, не должны обязательно быть «нарядными»!

Моделирование динамических характеристик системы «человек и машина» представляет собой, вероятно, наиболее тонкий из всех методов, применяемых к исследованию инженерно-психологических проблем. Этот метод обычно состоит в присоединении входов контрольно-измерительных приборов к вычислительной машине, так что в комплексе они моделируют реальную систему управления, в которую может быть включен оператор. Это позволяет разработчику испытывать систему «человек и машина» как единое целое, что вообще весьма желательно при решении сложных проблем управления. В таких моделях нет необходимости всегда воспроизводить все детали реальной обстановки. Например, в модель управления самолетом или его приборной системы вовсе не обязательно включать катапультирующееся кресло пилота или фонарь кабины самолета. Отсутствие этих деталей не помешает моделированию, так как они не относятся к исследуемым характеристикам системы и лишь значительно удорожат испытания.

В некоторых случаях может оказаться необходимым полное подобие при моделировании. Это в первую очередь относится к созданию космических кораблей, поскольку такое моделирование фактически заменяет обычный этап летных испытаний. Космическую ракету невозможно испытать в реальном полете до сдачи ее заказчику, так как запуск ракеты стоит чрезвычайно дорого. Полное моделирование должно быть направлено на максимальное воспроизведение реальной обстановки во всех ее деталях, поскольку необходимо убедиться, что человек (или группа людей) и машина могут и будут работать удовлетворительно как единая система при любых возможных условиях. Такие модели применимы также для обучения летчиков и ознакомления их с самолетом.

Моделирование только что описанного типа требует применения мощной вычислительной техники. Но вычислительные машины являются одним из наиболее ценных средств инженерно-психологических исследований также и по другим причинам, общим для различных областей техники и научных исследований. Использование вычислительной техники для инженерно-психологических исследований включает следующие этапы: 1) сбор и оформление статистических данных; 2) выдвижение гипотез и поиск новых зависимостей; 3) проверка гипотез методом вычислений и моделирования.

Кроме аппаратуры и технических средств для инженерно-психологических исследований, которые уже были описаны выше, есть много более мелких приборов и средств, необходимых для проведения экспериментов и измерений. Сюда входит аппаратура для измерения:

- светотехнических величин,
- акустических величин,
- температуры и влажности,
- токсичности,
- вентиляции,
- механических усилий,
- радиации,
- размеров человеческого тела (антропометрическая аппаратура),
- видимого спектра (анализаторы света),
- параметров восприятия и моторики человека.

Очевидно, полный перечень мог бы занять несколько страниц. Но нам прежде всего важно уяснить себе, что имеются средства для получения объективных количественных данных о системе «человек и машина», и эти средства должны использоваться везде, где это возможно, в противовес применявшемуся ранее субъективному методу «личного мнения» при проектировании подобных систем.

Важно также уяснить себе необходимость некоторых дополнительных средств для успешного использования указанной аппаратуры в инженерно-психологических исследованиях, иными словами, инженерно-психологические рекомендации не могут создаваться только за письменным столом. Даже минимальные инженерно-психологические исследования требуют достаточно сложного оборудования для проведения необходимых испытаний. Приводимый ниже список может служить руководством для тех, кто захочет создать лабораторию для инженерно-психологических исследований.

ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВУ ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Назначение	Оборудование
Авиационная и космическая медицина и психология	Кабинет для медицинского освидетельствования Биохимическая лаборатория Лаборатория психологических тестов Центрифуги для людей и мелких животных Барокамера Термокамера Помещение для мелких животных
Инженерная психология в узком смысле	Лаборатория исследования слуховых восприятий Лаборатория исследования зрительных восприятий Лаборатория исследования сенсомоторных реакций
Разработка систем «человек и машина», художественное конструирование	Макетная лаборатория Лаборатория моделирования Лаборатория индивидуального оборудования
Разработка систем жизнеобеспечения	Атмосферная лаборатория Лаборатория замкнутого экологического цикла Лаборатория для исследования токсических воздействий

ПРИМЕЧАНИЕ. Не предполагается, что приведенный список является исчерпывающим или что все указанные элементы необходимы в каждой ситуации. Список дает лишь общее представление о видах исследовательских работ и лабораторном оборудовании для комплексных инженерно-психологических (эргономических) исследований.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВУ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Многие промышленные организации, сталкиваясь с необходимостью привлечения специалистов по инженерной психологии, не представляют себе, однако, какого профиля специалисты прежде всего требуются. Ниже дается рекомендация относительно порядка набора группы инженерной психологии. Необходимо заметить, что эти специалисты являются «добавочным штатом» в дополнение к ИНЖЕНЕРАМ и ХУДОЖНИКАМ-КОНСТРУКТОРАМ высокой квалификации, которые также должны быть включены в состав группы инженерной психологии.

ИНЖЕНЕР-ПСИХОЛОГ — с ученой степенью и (или) имеющий многолетний опыт в конструировании оборудования и систем «человек и машина».

ПСИХОЛОГ — часто психологи обладают не меньшим опытом экспериментальной работы, чем инженер-психолог, и должны приравниваться к нему в смысле первоочередности зачисления в группу.

ПСИХОЛОГ-ЭКСПЕРИМЕНТАТОР — предпочтительно такой, который специализировался на количественных измерениях человеческих действий, статистической обработке результатов и лабораторных исследованиях.

ФИЗИОЛОГ — желательно со специальностью военного авиационного врача.

АНТРОПОЛОГ — имеющий опыт работы по измерениям человеческого тела применительно к задачам конструирования оборудования.

СПЕЦИАЛИСТ ПО КОМПЛЕКТОВАНИЮ И ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ.

БИОХИМИК.

РАДИОБИОЛОГ.

ПРОЧИЕ — младшие научные сотрудники, являющиеся специалистами в области экспериментальной психологии и физиологии; технический вспомогательный персонал, в том числе техник по лабораторному оборудованию, специалисты по личной экипировке, техники по макетам и чертежники.

бионика, кибернетика и инженерная нейрофизиология

Дж. М. Койн

Большой и все возрастающий интерес для инженерной психологии представляют многочисленные исследования в области самоорганизующихся, саморегулирующихся и самоприспосабливающихся систем. Эти инженерные модели нейро-психических функций характерных для деятельности живых организмов, охватывают обширную область, начиная от сложных систем накопления и переработки информации в аналоговых или цифровых вычислительных машинах, до искусственных нейронов, которые избирательно пропускают или задерживают информацию, представленную в виде импульсного кода. Моделирование этих функций поведения на всех уровнях сложности производится с помощью разнообразных электронных, электрохимических и электромеханических устройств.

БИОНИКА И КИБЕРНЕТИКА представляют собой две взаимосвязанные и взаимозависимые области исследований, которые, с одной стороны, опираются на результаты работ по конструированию комплексных систем «человек и машина», а с другой стороны, вносят свой вклад в развитие этих систем. Исторически старший партнер в этом содружестве — кибернетика — была сформулирована как наука Норбертом Винером, профессором математики Массачусетского технологического института, в 1948 г. в первом наброске, а затем в 1954 и 1961 гг. — в более разработанном виде*. Младший партнер, бионика, ведет свое начало от майора ВВС США Джека Стила, который впервые доложил об этом новом направлении на организованном ВВС симпозиуме в Дайтоне в 1959 г.**

Для того чтобы установить сходство и различие обеих этих дисциплин, мы приведем их определения, сформулированные двумя виднейшими исследователями в каждой из этих областей. Винер, который определяет кибернетику как науку о законах связи и управления, общих как для живых организмов, так и для технических систем, подробнее говорит следующее: «Я утверждаю, что физическое функционирование живых индивидуумов и работа некоторых из новейших информационных машин совершенно параллельны друг другу в своих аналогичных попытках управлять энтропией путем обратной связи. Как те, так и другие в качестве одной из ступеней цикла своей работы имеют действие сенсорных рецепторов, т. е. как в тех, так и в других существуют специальные аппараты, служащие для собирания информации из внешнего мира на низких энергетических уровнях и для преобразования информации в форму, пригодную для работы индивидуума или машины. В обоих случаях эти внешние сигналы не принимаются в *чистом виде*, а проходят через преобразующую силу аппаратов — живых или искусственно созданных. Информация затем преобразуется в новую форму, пригодную для дальнейших ступеней выполнения приказов. Как в животном, так и в машине это выполнение приказов имеет своей целью оказание воздействия на внешний мир. И в том и в другом случаях их *осуществленное* воздействие на внешний мир, а не просто их *предполагаемое* действие, возвращается в центральный регулирующий аппарат».

* Wiener N., The Human Use of Human Beings, Doubleday, 1954; Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine, 2nd ed., Mass. Inst. Technol. Press, 1961; русский перевод: Винер Н., Кибернетика и общество. ИЛ, 1958, стр. 39; Кибернетика, изд-во «Сов. радио», 1958.

** Steel J. E. et al., Bionics Symposium: Living Prototypes, the Key to New Technology, Air Force Wright Air Development Div., TR № 60-600, 1960.

В противовес этому Маккаллок в свойственном ему образном стиле дает следующее определение бионики: «...Джек Стил удачно составил слово «бионика» из «бион», что означает нечто живое, и «ика», означающее науку о чем-то. Будучи рождена как сочетание науки и искусства, она представляет собой, очевидно, незаконнорожденное образование, не имеющее официального прошлого, но зато имеющее многообещающее будущее и наделенное, как все гибриды, большой жизненной силой. Это нечто вроде гибрида скальпеля с паяльником. Бионика пытается путем тонкого изучения способов связи и управления в биологических системах улучшить конструкцию и характеристики искусственных, главным образом электронных, систем, чтобы приблизить их по надежности, гибкости, приспособляемости и экономности к их естественному прототипу»*.

По существу, кибернетика и бионика изучают одни и те же явления с разных точек зрения. Обе они разрабатывают инженерные модели адаптивного и регуляционного поведения живых организмов, причем разница между ними заключается лишь в уровнях абстракции и сложности, на которых моделируется это поведение. Кибернетика в основном занимается *макро*-моделированием *процессов*, участвующих в самоинформирующихся системах обратной связи и адаптации, характеризующих сложные формы поведения живых организмов и машин, в то время как бионика сосредоточивает свое внимание прежде всего на *микро*-моделировании элементарных *функций* искусственных нейронов и на моделях нервных сетей, строя более сложные функциональные модели таких процессов, как распознавание зрительных и слуховых образов, из этих элементарных компонентов. Для кибернетического подхода элементами служат функции, в то время как бионический подход состоит в воспроизведении функций соответствующим набором заранее заданных элементов.

В основе как кибернетики, так и бионики лежит принцип информационной обратной связи, которая позволяет реагирующей системе избирательно менять свои последующие реакции в соответствии со степенью приближения к цели при предыдущих реакциях.

При таком определении адаптирующаяся система характеризуется: 1) способностью сохранять некоторые критерии приближения к заданной цели; 2) наличием эффекторного механизма для адаптивного поиска способов приближения к цели и 3) сенсорной обратной связью для обнаружения и коррекции приближения системы к данной цели. Для того чтобы создавалась возможность такого целенаправленного поиска, информационная обратная связь должна постоянно снабжать систему данными о результатах дифференциального сравнительного анализа *действительного* состояния системы и ее *желаемого (целевого)* состояния. Это, естественно, предполагает наличие отрицательной обратной связи, которая обеспечивает последовательное снижение амплитуды поисковых колебаний вблизи определенной цели. Положительная

* McCulloch W. A., Syllabus on Biotechnology Course, Univ. of California Extension, 1962.

обратная связь давала бы лишь информацию о том, что имеется некоторое изменение, и, поскольку отсутствует информация о степени приближения к цели, она усиливала бы поисковые колебания, приводя ко все большему удалению от цели. В случае *прогрессивно адаптирующейся* гомеостатической системы процесс еще значительно сложнее. В этом случае сама цель уже не является более детерминированным *состоянием*, а скорее похожа на *процесс* неустойчивых колебаний. Такие условия вводят в эту область как бы гейзенберговский принцип неопределенности, они требуют, чтобы мы превратили нашу сенсорную систему из схемы сравнения с фиксированным порогом в следящую систему поиска цели с переменным порогом. Существование подобных гибких самостабилизирующихся вычислительных систем доказывается на примере живых организмов. Для создания инженерных моделей столь сложных интегральных функций потребуются кропотливые исследования этих регуляционных функций в том виде, в каком они существуют в живых организмах. Едва ли требует доказательств то, что такие аналоги нашли бы широкое применение при разработке и конструировании сложных систем.

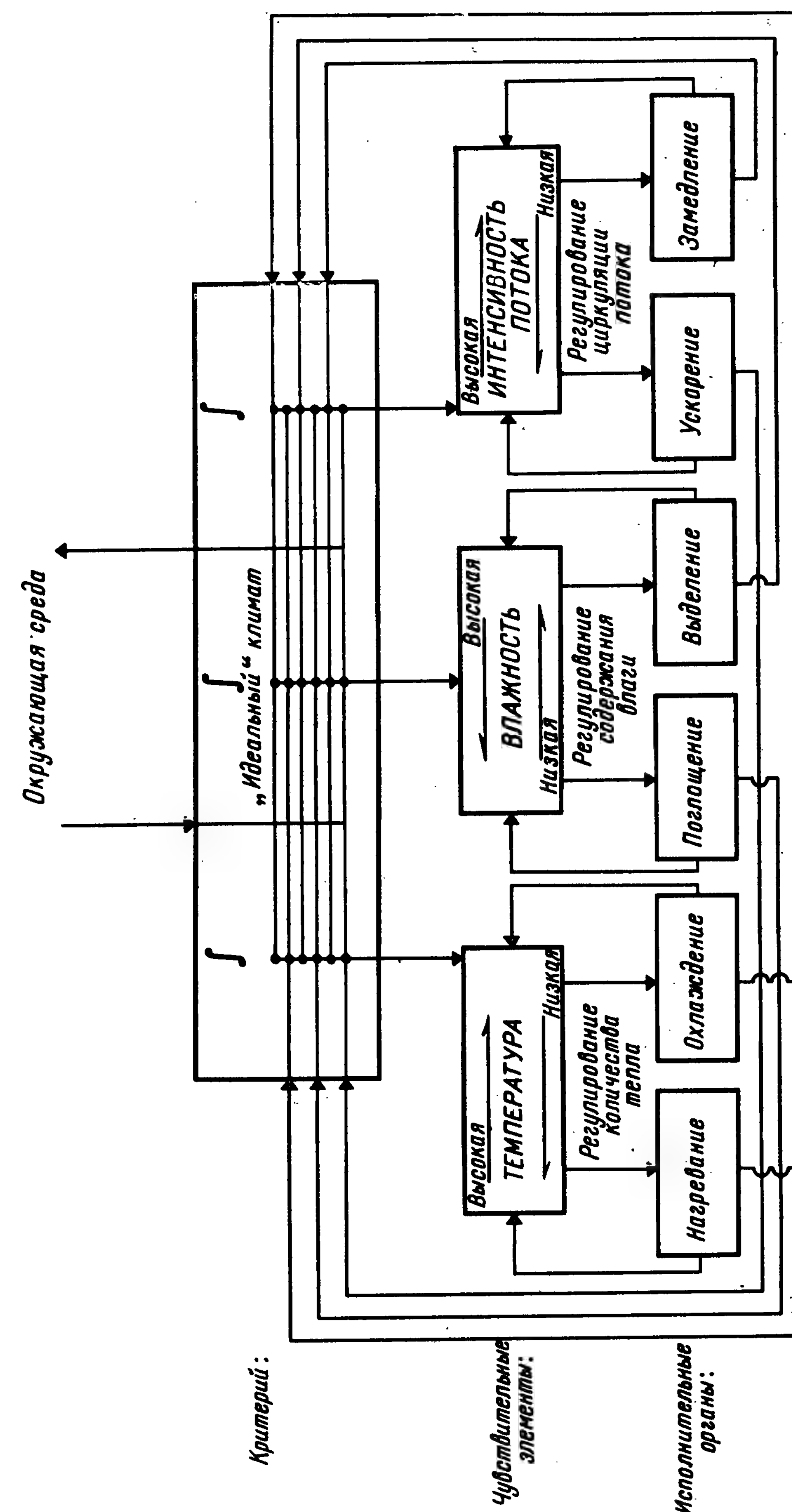
Считается, что живой прототип такой гомеостатической системы регулирования должен содержать: 1) области вентрикулярных поверхностей гипоталамуса с избирательной чувствительностью; 2) активирующие механизмы ретикулярной формации мозгового ствола и 3) последовательное программирование функций в конечном мозге *. Показано, что перивентрикулярная мембрана гипоталамуса, граничащая с третьим желудочком, содержит ряд участков, чувствительных к специфическим стимулам, которые, по-видимому, взаимно переплетаясь, образуют систему интегрирующего контроля и регулирования жизненно-важных параметров организма, таких как отношение O_2/CO_2, число pH, водный баланс, скорости обмена веществ, температура тела, уровни токсикации, осмотическое давление и т. д. При критическом отклонении какого-либо параметра от допустимого уровня нарушается гомеостатическое равновесие всей системы и возникает сигнал о необходимости *направленного* компенсационного поиска в пределах аккомодации других параметров, связанных с отклонившимся. Вероятно, эти компенсационные изменения порогов вызываются механизмами активации ретикулярной формации в мозговом стволе, которые в свою очередь «программируются» изменением состояния передних долей конечного мозга.

Физическую систему, являющуюся упрощенным аналогом этой живой гомеостатической системы, можно представить себе в виде сложной системы регулирования по параметрам внешней среды. Эта система должна была бы включать в себя устройство двустороннего термостатического регулирования температуры, управляемое гигрометром устройство для регулирования влажности воздуха и чувствительный расходомер для регулирования циркуляции воздуха. Если мы теперь вновь свяжем эти автономные подсистемы регулирования воедино с помощью информационных контуров обратной связи, позволяющих каждому регулятору оценивать собственную функцию по отношению к функциям каждого другого регулятора, и если мы снабдим каждую подсистему критерием некоторого оптимального выхода для всей системы, то частные функции каждой из подсистем могут изменяться так, чтобы обеспечить оптимум всей системы (см. приведенную ниже схему). Сходная схема была разработана для регулирования расхода топлива баллистической ракетой.

---

* Ashby W. R., Design for a Brain, Wiley, 1952; русский перевод: Эшби У. Р., Конструкция мозга. Происхождение адаптивного поведения, ИЛ, 1962; изд. 2-е, дополн., изд-во «Мир», 1964. Cannon W. B., The Wisdom of the Body, Norton, 1932; Coyne J. M., Neuro-Engineering, Proceedings of San Diego Bio-Medical Symposium, April 1963; Fonberg E. and Delgado J., «Inhibition of Food and Defense Conditioned Reflexes», Acta Physiol., vol. II, 1960, p. 696—698; Pribram K. H., «A Review of Theory in Physiological Psychology», in Annual Review of Psychology (Palo Alto, Calif.), vol. II, 1960.

Другим новым направлением в биологических исследованиях, имеющим важное значение для инженерной психологии, является область «инженерной нейрофизиологии». Главное содержание этих исследований составляют попытки применения результатов физики и техники для поддержания или замещения некоторых биологических и психологических функций, важных для жизнедеятельности организмов. При этом биологи и психологи вмешиваются в протекание «нормальных» функций живых организмов для повышения их эффективности, подобно тому, как физики и инженеры изменяют и повышают эффективность машин. Эта область «инженерной нейрофизиологии» включает: 1) деятельность конструкторов-протезистов, которые стараются восполнить утраченные человеком сенсорные и моторные способности, а также улучшить плохо выполняемые функции, и 2) деятельность нейропсихологов, физиологов и биохимиков, которые стараются довести до максимума эффективность сенсорной сферы, познавательные функции и двигательные реакции такими методами, как интенсивная выработка условных рефлексов, развитие сравнительно мало используемых входных каналов, таких, как тактильная чувствительность, и расширение сенсорных, познавательных и двигательных порогов организмов с помощью химических агентов, фармакологических средств и путем электростимуляции коры и более глубоких областей мозга.



ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА СВЯЗНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ «КЛИМАТА» (ТЕМПЕРАТУРЫ, ВЛАЖНОСТИ И ИНТЕНСИВНОСТИ ПОТОКА), МОДЕЛИРУЮЩЕЙ ГОМЕОСТАТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

литература*

1. *Attneave F.*, Applications of Information Theory to Psychology: Summary of Basic Concepts, Methods and Results, Holt, 1959.

2. *Chapanis A.*, The Design and Conduct of Human Engineering Studies (Office of Naval Res., Tech. Rep. № 14, NR 145—075), San Diego State College Foundation, July 1956.

3. *Chapanis A.*, Research Techniques in Human Engineering, Hopkins, 1959.

4. *Churchman C. W.*, *Ackoff R. L.*, *Arrott E. L.*, Introduction to Operations Research, Wiley, 1958.

5. *Eckman D. P.*, Systems: Research and Design, Wiley, 1961.

6. *Erickson C. J.*, *Rabideau G. F.*, Function and Task Analysis as a Weapon System Development Tool (Northrop Aircraft, Inc., Hawthorne, Calif., Rep. №59-1148), Oct. 1957.

7. *Fitts P. M.*, „Functions of Man in Complex Systems", *Aerospace Eng.*, 21, № 1 (1962).

8. *Flagle C. D.* et al., Operations Research and Systems Engineering, Hopkins, 1960.

9. *Folley J. E.*, *Fairman J. B.*, *Jones E. M.*, A Survey of the Literature on Prediction of Air Force Personnel Requirements (Air Force. Wright Air Development Division, Tech. Rep. № 60-493), July 1960.

10. *Gael S.*, *Reed L. E.*, Personnel Equipment Data: Concept and Content (Air Force-Aerospace Systems Division, Tech. Rep. № 61-739), Dec. 1961.

11. *Goode H. H.*, *Machol R. E.*, Systems Engineering. McGraw-Hill, 1957; русский перевод: см. ниже, доп. литература [9*].

12. *Heuston M. C.*, Concepts for Estimating Air Force Manpower Requirements for Planning Purposes (RAND Corp., Santa Monica, Calif., Res. Memo. № 2611), Dec. 1960.

13. *Kurke M. I.*, „Operational Sequence Diagrams in Systems Design", *Human Factors J.*, 3, № 1 (1961).

14. *Lindquist O. H.*, *Gross R. L.*, Human Engineering Man-Machine Study of a Weapon System (Minneapolis-Honeywell Regulator Co., Res.-Eng. Dept., Aero Rep. № 6094), Oct. 1958.

15. *Losee J. E.* et al., Methods for Computing Manpower Requirements for Weapon Systems under Development (Air Force. Aerospace Systems Division, Tech. Rep. № 61-361), Aug. 1961.

16. *Marks M. R.*, A Data Organisation Model for the Personnel Subsystem (Air Force. Aerospace Systems Division, Tech. Rep. № 61-447), Sept. 1961.

17. *Miller R. B.*, Manual for Man-Machine Job-Task Description, American Inst. for Res., Pittsburg, Penna., June 1955.

18. *Morse P. M.*, *Kimball G. G.*, Methods of Operations Research, Willey, 1956.

19. *Quastler H.* (ed.), Information Theory in Psychology: Problems and Methods, Free Press, Glencoe, Ill., 1955.

20. *Rabideau G. F.*, „Human Factors in Engineering", unpublished paper presented at Special Student Program, Society of Automotive Engineers, National Aeronautic and Space Engineering and Manufacturing Meetings, Los Angeles, 10 October 1962.

* Дополнительную литературу см. в конце книги, стр. 508 — 514. —*Прим. ред.*

21. *Shapero A., Bates C. A.*, Method for Performing Human Engineering Analysis of Weapon Systems (Air Force. Wright Air Development Division, Tech. Rep. № 59-784), Sept. 1959.

22. *Shapero A.* et al., Human Engineering Testing and Malfunction Data Collection in Weapon System Test Programs (Air Force. Wright Air Development Division, Tech. Rep № 60-26), Febr. 1960.

23. *Siegel A. I., Wolf J. J., Crain K.*, Techniques for Evaluating Operator Loading in Man-Mashine Systems: A Model for Digital Simulation of One and Two-Operator Man-Mashine Systems, Applied Psychological Services, Wayne, Penna, March 1961.

24. *Sinaiko H. W., Buckley E. P.*, Human Factors in the Design of Systems (Naval Res. Lab., Rep. № 4996), 1957.

25. *Van Cott H. P., Folley J. D.*, Human Factors Methods for Systems Design, American Inst. for Res., Pittsburgh, Penna., 1959.

26. *Wilson C. L.* (ed.), Project Mercury Candidate Evaluation Program (Air Force. Wright Air Development Division, Techn. Note № 59-505), Dec. 1959.

27. *Wortz E. C.*, Use of Logic Symbols in Man-Machine Task Analysis (Proceedings of Midwest Human Factors Society Symposium, General Motors Corp., Milwaukee), 19 May 1961.

28. *Wright G. O.*, A General Procedure for Systems Study (Air Force. Wright Air Development Division, Tech. Note № 60-18), Jan. 1960.

29. *Wright G. O.*, Development of Qualitative and Quantitative Personnel Requirements Information: Final Report (Aerospace Medical Division, Rep. № MRL-TDR 62-4), 6570 th Aerospace Medical Res. Lab., Wright Patterson Air Force Base, Ohio, Dec. 1962.

30. *Wright G. O.*, Handbook of Instructions for Aerospace Personnel Subsystem Designers (Air Force Systems, Command Manual № 80-3), Headquarters, Air Force Systems Command, Andrews Air Force Base, Washington, 15 Jan., 1963.

31. *Wright G. O.*, Mathematical Theories in Performance, Decision Making, and Learning: A Literature Review. Final Report, Aerospace Medical Division, 6570th Aerospace Medical Res. Lab., Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, July 1962.

32. *Wright G. O.*, Personnel Subsystem Testing for Ballistic Missile and Space Systems (Air Force Ballistic Missile Division, Exhibit № 60-1), Air Force Ballistic Division (ARDC), Air Force Unit Post Office, Los Angeles, 22 April 1960.

Глава

2

КОНСТРУИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И РАБОЧЕГО МЕСТА

Стр. 2-1 КОНСТРУИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И РАБОЧЕГО МЕСТА

2-1 ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

2-1 Визуальные индикаторы
2-80 Акустические индикаторы
2-90 Органы управления
2-120 Компоновка рабочего места
2-125 Конструирование пультов и компоновка панелей
2-141 Мебель и рабочее место

2-176 РАБОЧАЯ СРЕДА

2-176 Освещение
2-208 Использование цвета
2-219 Акустика и борьба с шумом
2-226 Температура и вентиляция
2-233 Вибрация
2-241 Радиация
2-243 Утомление
2-248 Учет требований техники безопасности

2-264 ЛИТЕРАТУРА

NataHaus

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

визуальные индикаторы

Конструирование или выбор приборов визуальной индикации является одной из наиболее важных задач, которые стоят перед конструктором при разработке эффективной системы «человек и машина». Поскольку глаз является органом, посредством которого человек получает бóльшую часть информации о мире, в котором он живет, правильная подача этой информации существенна для эффективного выполнения большинства рабочих операций. Ниже мы даем общие рекомендации, которые помогут в подборе наиболее подходящего вида индикатора для той или иной цели.

Для отображения небольшого числа четко различимых состояний используйте индикатор, создающий большую разницу в положении, яркости или цвете. Совместное использование двух или более отличительных признаков, например цвета и положения, обычно повышает надежность работы оператора.

Для указания точных числовых значений при отсутствии необходимости интерполяции между числами, а также для индикации расхода или направления используйте цифровой индикатор или счетчик. Однако, если показания индикатора используются для регулирования параметров работы оборудования, лучше применять шкальные индикаторы.

Для числовой оценки с одновременной ориентировкой во времени, пространстве, размерах или скорости используйте шкальный индикатор. По возможности избегайте большого количества стрелок или движущихся шкал. Когда необходимо расширение пределов измерения, используйте стрелочный индикатор, сочлененный с цифровым указателем диапазона измерений.

Для отображения многомерной информации используйте комбинации индикаторов, каждый из которых отражает один параметр, или способы графической и изобразительной индикации.

Для качественного контроля используйте движущийся указатель на неподвижной шкале. При необходимости быстрого считывания показаний с нескольких шкал ориентируйте стрелки так, чтобы их нормальное положение было одинаковым и соответствовало положению часовой стрелки «на девять часов».



СПРАВОЧНАЯ ТАБЛИЦА ДЛЯ ВЫБОРА ТИПА ВИЗУАЛЬНОГО ИНДИКАТОРА

Чтобы отразить	Следует применять	Обоснование	Пример
Работает, не работает, стоп, включено, выключено	Лампочки	Обычно легко определить, включены или выключены	
Опознание объекта	Лампочки	Легко обнаружимы (можно применить кодирование расстановкой, цветом, положением или частотой мелькания; при использовании на приборной панели они могут также иметь надписи)	
Предостережение, предупреждение	Лампочки	Привлекают внимание, при достаточной яркости видны на большом расстоянии (для большей заметности могут мигать)	
Словесная инструкция (последовательность операций)	Сигнальное табло	Четкое и ясное «указание действия» снижает время принятия решения	Сбрось; Выпусти
Точное количество	Счетчик	Видна только одна цифра, что снижает возможность ошибки при считывании	52900
Приближенная количественная оценка	Прибор с движущейся стрелкой на неподвижной шкале	Положение стрелки позволяет быстро определить количество и относительную скорость изменения	
Данные для регулирования количества	Прибор с движущейся стрелкой на неподвижной шкале	Имеется наглядная связь между движением органа управления и стрелки прибора	

Чтобы отразить	Следует применять	Обоснование	Пример
Отбор данных	Электронное или электромеханическое следящее устройство с индикацией параметров на электронно-лучевой трубке. Координаты переводятся на цифровой счетчик автоматически	Простое средство указания положения без необходимости расшифровки или расчета действительного значения параметра	
Слежение	Прибор с одной стрелкой или крестом нитей на неподвижной шкале	Дает информацию об ошибке, облегчает ее устранение	
Положение движущегося объекта	Механический или электронный прибор, указывающий положение движущегося объекта относительно исходной точки или направления (указатель прибора может быть графическим или изобразительным)	Дает возможность непосредственного сравнения истинного положения объекта с заданной точкой или заданным курсом	UP; DOWN
Географическое положение	План, отражающий положение объекта	Показывает положение непосредственно относительно естественных географических ориентиров	
Командное устройство	Устройство, отображающее предполагаемое положение объекта или курс его движения	Позволяет наблюдателю предвидеть, что может произойти в будущем	
Анализ работы оборудования	Контрольно-измерительный прибор Электронно-лучевая трубка Самописец	Одиночный параметр легко интерпретировать Показывает связь между многими параметрами Обеспечивает постоянную запись для дальнейшего анализа	

ПРИМЕЧАНИЕ. Возможны и иногда необходимы сочетания указанных приборов. Следует избегать двусмысленности, чрезмерной сложности или скученности показаний приборов, так как это повышает время ответных действий оператора.

NataHaus

СПИСОК КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ ДЛЯ ОБОСНОВАННОГО ВЫБОРА ВИЗУАЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ

ВОЗМОЖНО ЛИ БЫСТРОЕ СЧИТЫВАНИЕ ТРЕБУЕМЫХ ДАННЫХ (ПРИБЛИЖЕННЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ, КАЧЕСТВЕННЫХ ИЛИ ТОЧНЫХ ЧИСЛОВЫХ ДАННЫХ)?

ОБЕСПЕЧИВАЕТСЯ ЛИ СЧИТЫВАНИЕ ПОКАЗАНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ТРЕБУЕМОЙ ОПЕРАТОРУ ТОЧНОСТИ (ЖЕЛАТЕЛЬНО НЕ БОЛЕЕ ТОЧНО, ЧЕМ ЭТО НЕОБХОДИМО)?

НЕТ ЛИ В КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРА ОСОБЕННОСТЕЙ, КОТОРЫЕ МОГУТ ВЫЗВАТЬ НЕОДНОЗНАЧНОСТЬ ПОКАЗАНИЙ ИЛИ ПРИВЕСТИ К ОШИБКАМ СЧИТЫВАНИЯ?

ЛЕГКО ЛИ ЗАМЕЧАЮТСЯ ИЗМЕНЕНИЯ В ИНДИКАЦИИ?

ДАЕТСЯ ЛИ ИНФОРМАЦИЯ В НАИБОЛЕЕ ЛЕГКО ОСОЗНАВАЕМОЙ ФОРМЕ, ТРЕБУЮЩЕЙ МИНИМАЛЬНЫХ УСИЛИЙ ДЛЯ МЫСЛЕННОГО ПЕРЕВОДА В ДРУГИЕ ЕДИНИЦЫ?

ИМЕЕТСЯ ЛИ ЕСТЕСТВЕННАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ТРЕБУЕМЫМ ДВИЖЕНИЕМ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЕМ ДВИЖЕНИЯ НА ИНДИКАТОРАХ?

ПОДАЕТСЯ ЛИ ИНФОРМАЦИЯ В МОМЕНТ, КОГДА ОНА НЕОБХОДИМА?

ЛЕГКО ЛИ ОТЛИЧИМ ДАННЫЙ ПРИБОР ОТ ДРУГИХ ПРИБОРОВ?

БУДЕТ ЛИ ОПЕРАТОР ЗНАТЬ ОБ ОТКЛЮЧЕНИИ ПРИБОРА ИЛИ НАРУШЕНИЯХ В ЕГО РАБОТЕ?

УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО ЛИ ОСВЕЩЕНИЕ ПРИБОРА ПРИ ВСЕХ ВОЗМОЖНЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ?

НЕТ ЛИ В ПРИБОРЕ ПАРАЛЛАКСА ИЛИ ДРУГИХ ОСОБЕННОСТЕЙ, ПРИВОДЯЩИХ К СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОШИБКЕ В СЧИТЫВАНИИ ПОКАЗАНИЙ?

Когда тип индикатора выбран, а объем и точность сообщаемой информации определены, необходимо рассмотреть факторы, которые способствуют повышению четкости восприятия показаний прибора. Эффективность, с которой оператор использует прибор, зависит от его размера, расположения цифр, формы цифр, стрелок или других указателей, числа делений, оформления шкалы, уровня освещенности, наличия нежелательных отражений или блескости. На последующих страницах вы найдете рекомендации по конструированию, которые направлены на обеспечение оптимальности прибора с точки зрения восприятия его показаний. Следует иметь в виду, что от конструктора нередко требуется изобретательность при устранении тех противоречий, которые возникают между отдельными рекомендациями в процессе их совместного использования в конкретных условиях.

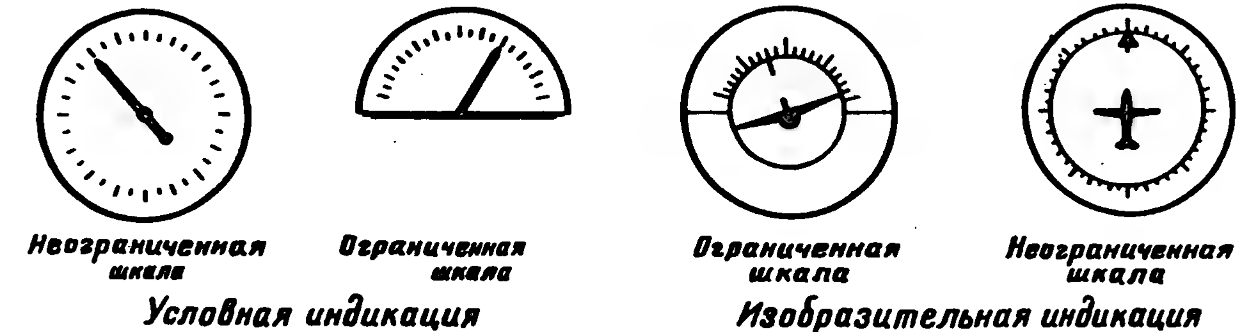
Рекомендуется делать *макеты* всех новых приборов, чтобы их можно было испытать в реальных условиях использования, например при расположении их на панели, при различном освещении, в условиях вибрации или при других факторах среды, снижающих четкость восприятия показаний прибора.

СТРЕЛОЧНЫЕ ИНДИКАТОРЫ

Стрелочные индикаторы обеспечивают передачу как качественной, так и количественной информации. Обычно они передают информацию в условной форме, давая отвлеченное отображение различных параметров, таких, как время, расстояние, скорость, направление, расход, высота, температура. Измеряемые параметры выражаются в таких единицах, как минуты, километры, узлы, градусы, метры в секунду и т. д. Кроме этих абсолютных значений, они могут давать и качественную информацию, выражаемую относительной скоростью движения стрелки или ее положением на шкале.

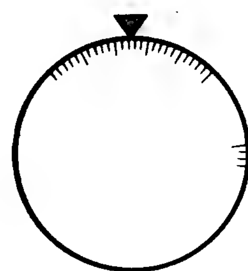
Некоторые приборы были усовершенствованы путем использования изобразительных элементов индикации. Изобразительная индикация увеличивает наглядность и облегчает расшифровку информации. Многие авторы подчеркивают различие между условным и изобразительным способами построения визуальных индикаторов. Однако, по-видимому, различие между условным и изобразительным способами построения индикаторов зависит от степени условности или изобразительности, а поэтому различия в некоторых случаях могут оказаться незначительными.

Чтобы облегчить понимание принципов, которые будут изложены на последующих страницах, мы приводим ряд рисунков, показывающих различные типы индикаторов. Необходимо иметь в виду, что они имеют много общего и что возможно почти безграничное число их сочетаний.

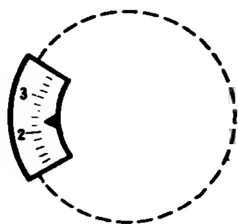


ПРИБОРЫ С НЕПОДВИЖНОЙ ШКАЛОЙ И ДВИЖУЩИМСЯ УКАЗАТЕЛЕМ

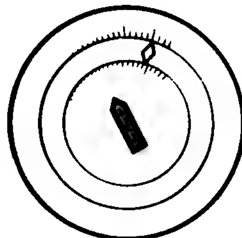
NataHaus



Открытая шкала

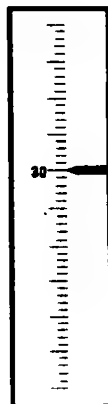


Открытое окно



Комбинированный индикатор

ПРИБОРЫ С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ШКАЛОЙ

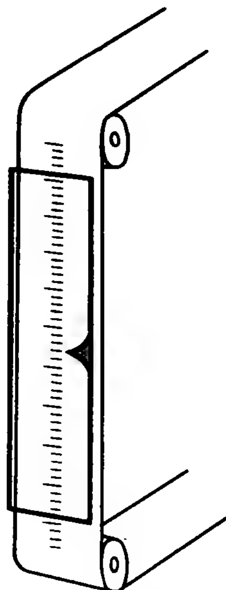


Вертикальная шкала

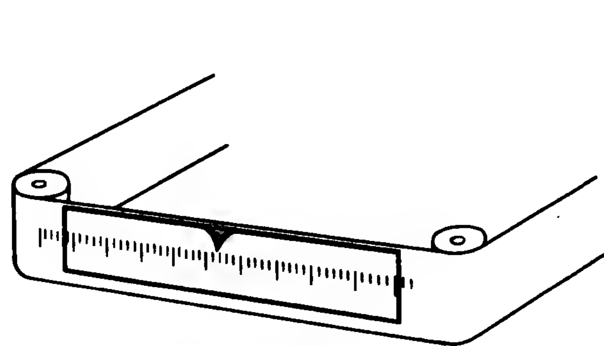


Горизонтальная шкала

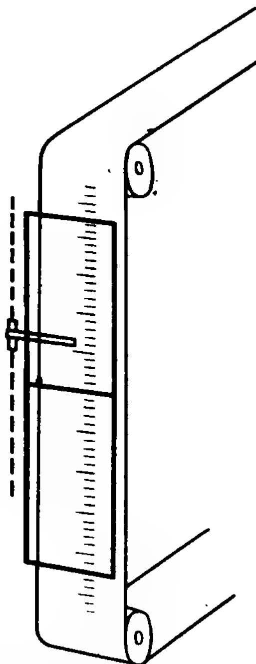
ПРИБОРЫ С НЕПОДВИЖНОЙ ЛИНЕЙНОЙ ШКАЛОЙ И ДВИЖУЩИМСЯ УКАЗАТЕЛЕМ



Вертикальная шкала

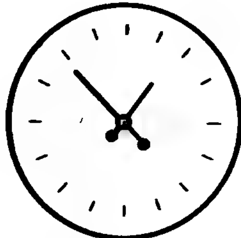


Горизонтальная шкала

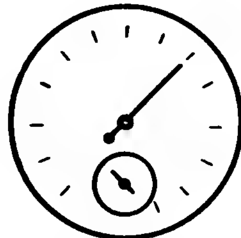


Командный указатель

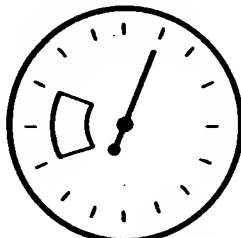
ПРИБОРЫ С ДВИЖУЩЕЙСЯ ЛЕНТОЧНОЙ ШКАЛОЙ



Дополнительная стрелка

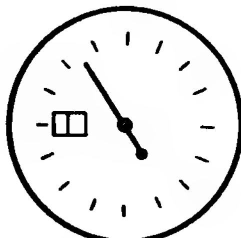


Дополнительная круговая шкала



Дополнительная шкала типа „открытое окно“

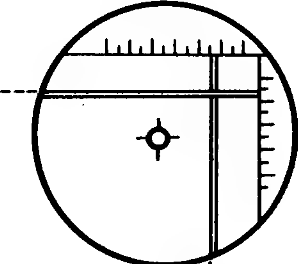
СПОСОБЫ РАСШИРЕНИЯ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ



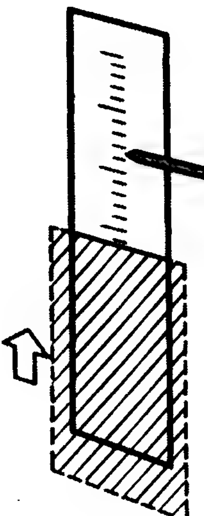
Встроенный дополнительный счетчик



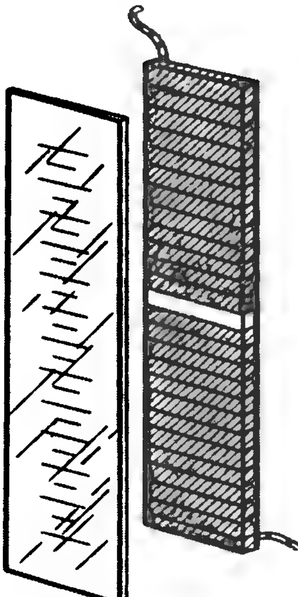
Положение элементов



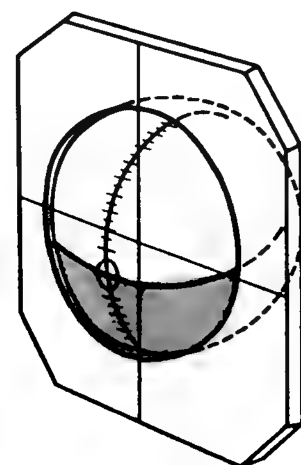
Траектория полета (пересекающиеся указатели)



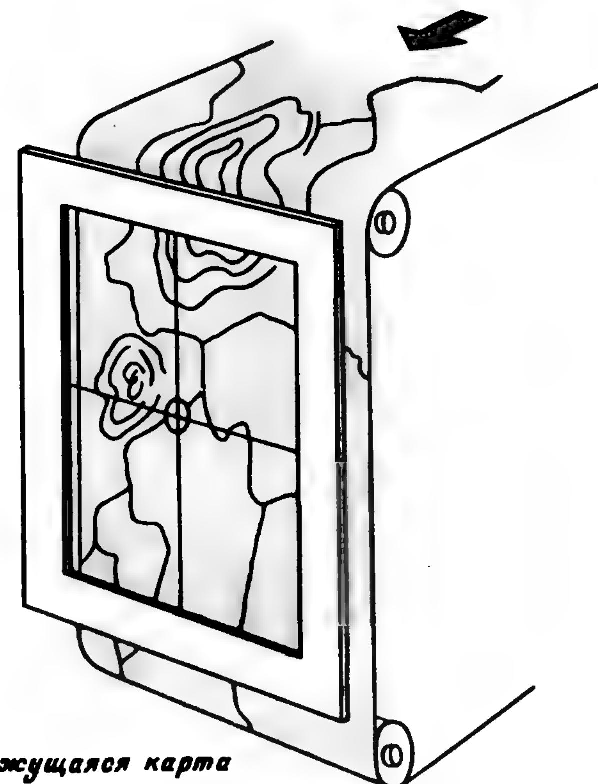
Механическая шторка



Электролюминесцентный указатель



Вращающийся шар



Движущаяся карта

ФАКТОРЫ, КОТОРЫЕ СЛЕДУЕТ УЧИТЫВАТЬ ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСА, ЧТО ДОЛЖНО БЫТЬ СДЕЛАНО ПОДВИЖНЫМ: СТРЕЛКА (УКАЗАТЕЛЬ) ИЛИ ШКАЛА.

Как правило, движение стрелки по неподвижной шкале предпочтительнее.

Однако если вы хотите представить в готовом виде числовое значение, то движущаяся шкала, деления которой появляются в открытом окне, обеспечит возможность более быстрого считывания.

Если числовое изменение измеряемой величины может быть сопоставлено с отношениями «больше—меньше» или «вверх—вниз», то в этом случае наиболее рационально применить вертикальную линейную шкалу с движущейся стрелкой. Дополнительная ассоциация между высотой положения стрелки и величиной параметра облегчает восприятие показаний прибора.

Как правило, не следует одновременно использовать приборы с движущейся стрелкой и движущейся шкалой, если они измеряют связанные друг с другом параметры; это может привести к ошибкам при считывании показаний.

Если предполагается ручное управление по движущемуся элементу, то между направлением движения органа управления и показаниями соответствующего прибора будет более наглядная связь, если перемещение органа управления приводит в движение стрелку прибора, а не шкалу.

Если для наблюдателя важны незначительные изменения контролируемого параметра, то для их более легкого восприятия следует применять приборы с движущейся стрелкой.

ДЕТАЛИ ИНДИКАТОРОВ

Многие на первый взгляд незначительные детали могут затруднить восприятие, считывание и понимание показаний визуального индикатора. Даже выбор самого лучшего способа подачи информации не приведет к успеху, если не будут соблюдены принципы, излагаемые на последующих страницах. Часто конструктор полагает, что он закончил свою работу, если нашел общие характеристики циферблата индикатора, оставляя разработку деталей чертежнику, художнику, светотехнику или фотолаборанту. Однако на самом деле эти детали чрезвычайно важны для самого конструктора, ибо, если он хочет, чтобы его первоначальный замысел был по-настоящему воплощен, он должен проследить, чтобы эти детали были глубоко проработаны.

ВАЖНЫЕ ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

- Расстояние от наблюдателя до прибора.
- Положение наблюдателя относительно прибора.
- Освещение индикатора: его тип, цвет и величина освещенности.

НАЧЕРТАНИЕ ЦИФР, БУКВ И ДЕЛЕНИЙ

Вообще говоря, чем больше размеры букв и цифр, тем меньше приходится беспокоиться о выборе фона и освещения.

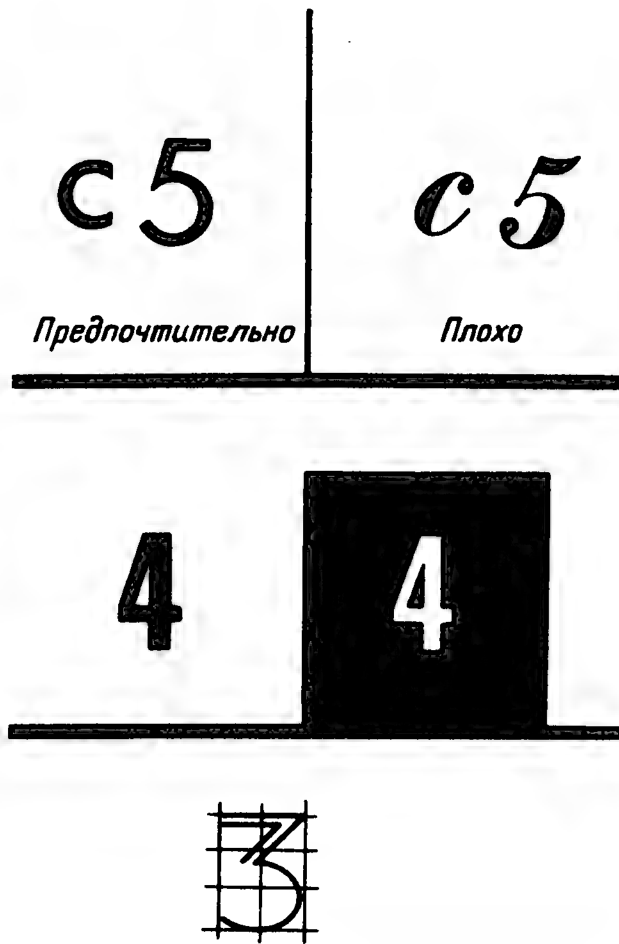
Для большинства надписей на панелях рекомендуются прописные (заглавные) буквы, но для более пространных конструкций предлагается использовать как строчные, так и прописные буквы (см. стр. 2-207).

Все надписи должны быть расположены так, чтобы их можно было читать слева направо. Иногда допустимо вертикальное расположение, если надпись в целом не имеет большого значения, а ее расположение в ряд с более важными надписями могло бы привести к путанице.

Если приборы или наблюдатели подвержены влиянию вибрации, то размеры шкал и меток должны быть больше обычных. При этом структура шкалы должна быть максимально упрощена.

Заказ № 492

NataHaus



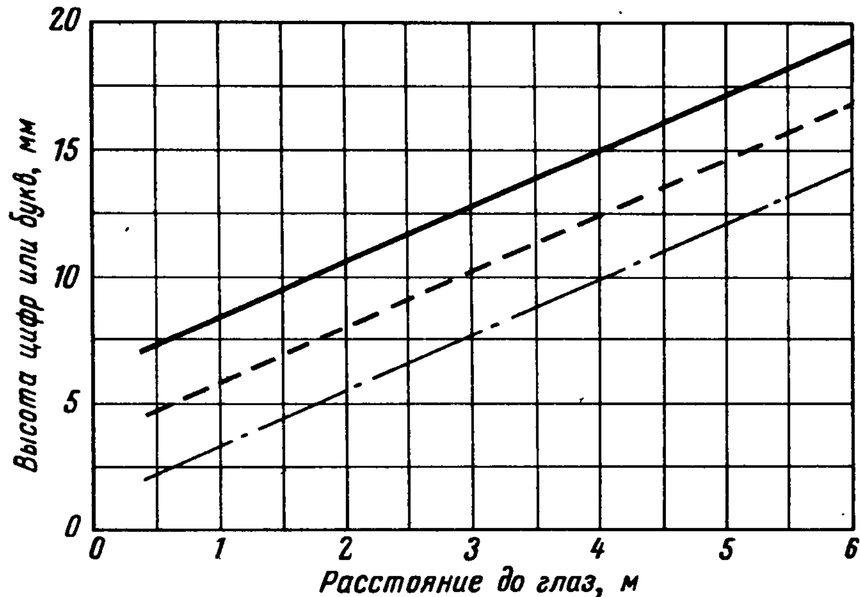
Для надписей на панелях должны использоваться буквы без завитушек и украшений, потому что различные украшения мешают правильному чтению надписей. Особенно это относится к затрудненным условиям, близким к порогам зрительного восприятия. Характерные признаки цифр должны быть простыми, но четко выраженными. Наклонные линии знаков должны быть как можно ближе к 45°, а такие характерные детали, как очко и межбуквенные промежутки, должны быть четко видимы (см. стр. 2-206, 2-207).

Ширина штриха черных цифр и букв на белом фоне должна составлять около $^1/_6$ их высоты. Ширина штриха белых цифр и букв на черном фоне должна быть около $^1/_7$—$^1/_8$ их высоты; более узкий штрих в этом случае необходим потому, что светлый знак расплывается, или «иррадиирует».

Отношение высоты к ширине знака должно быть обычно около 3 : 2. Хотя в некоторых случаях допустимы отклонения от этого правила, при конструировании рекомендуется строго придерживаться этого отношения, особенно при конструировании панелей и шкал.

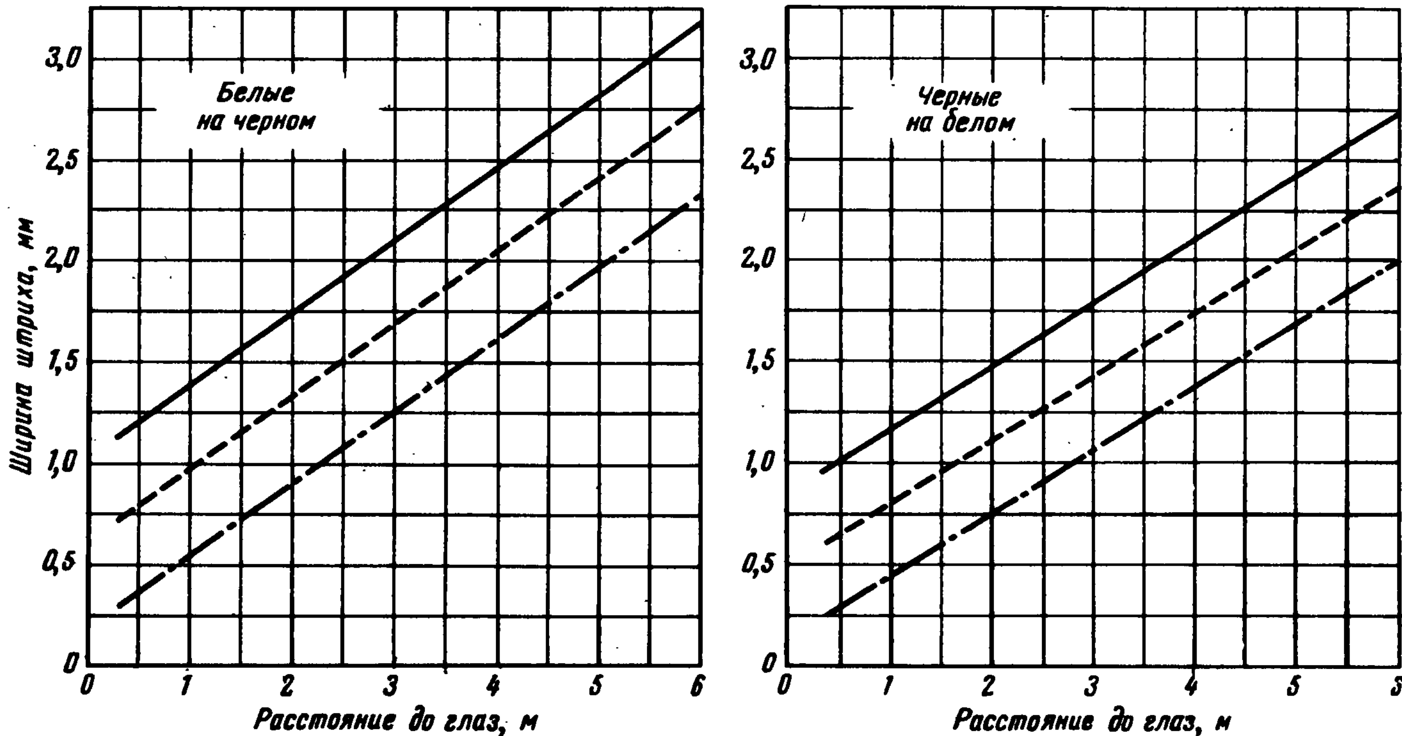
ВЫСОТА БУКВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАССТОЯНИЯ НАБЛЮДЕНИЯ И УРОВНЯ ОСВЕЩЕННОСТИ

МИНИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ЗНАКАМИ РАВНО 1 ШТРИХУ; ПРОМЕЖУТОК МЕЖДУ СЛОВАМИ СОСТАВЛЯЕТ 6 ШТРИХОВ

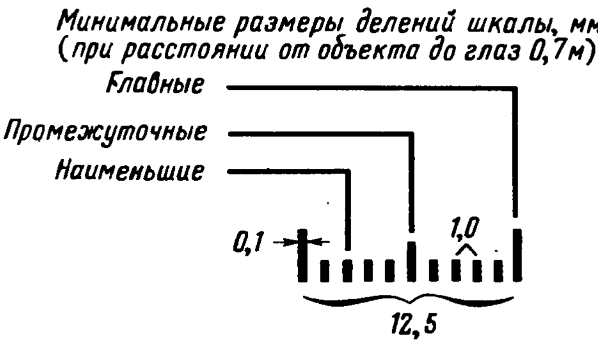


——— Для приборов с меняющимся положением цифр при освещенности 0,03—1,0 футоламбертов;
— — — для приборов с неизменным положением цифр при освещенности 0,3—1,0 футоламберта или для приборов с меняющимся положением цифр при освещенности выше 1,0 футоламберта;
— · — для приборов с неизменным положением цифр при освещенности выше 1,0 футоламберта

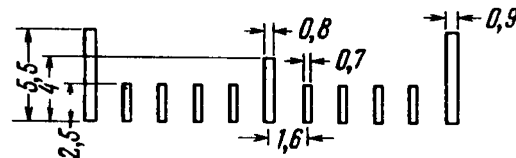
ШИРИНА ШТРИХА БУКВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАССТОЯНИЯ НАБЛЮДЕНИЯ



Количество делений на шкалах не должно превышать минимально необходимого для обеспечения требуемой точности отсчета. Наименьшее воспринимаемое деление на приборе никогда не должно быть меньше вероятной ошибки данного контрольно-измерительного прибора. Деления могут располагаться на расстоянии до 1 *мм* друг от друга, но расстояние должно быть не менее удвоенной ширины светлого штриха на темном фоне и не менее ширины темного штриха на светлом фоне. Рекомендуется, чтобы расстояние между основными делениями составляло не менее 12 *мм*. Все эти размеры годны для расстояний считывания от 350 до 700 *мм*. Число градуировочных меток между оцифрованными делениями шкалы не должно быть больше девяти.

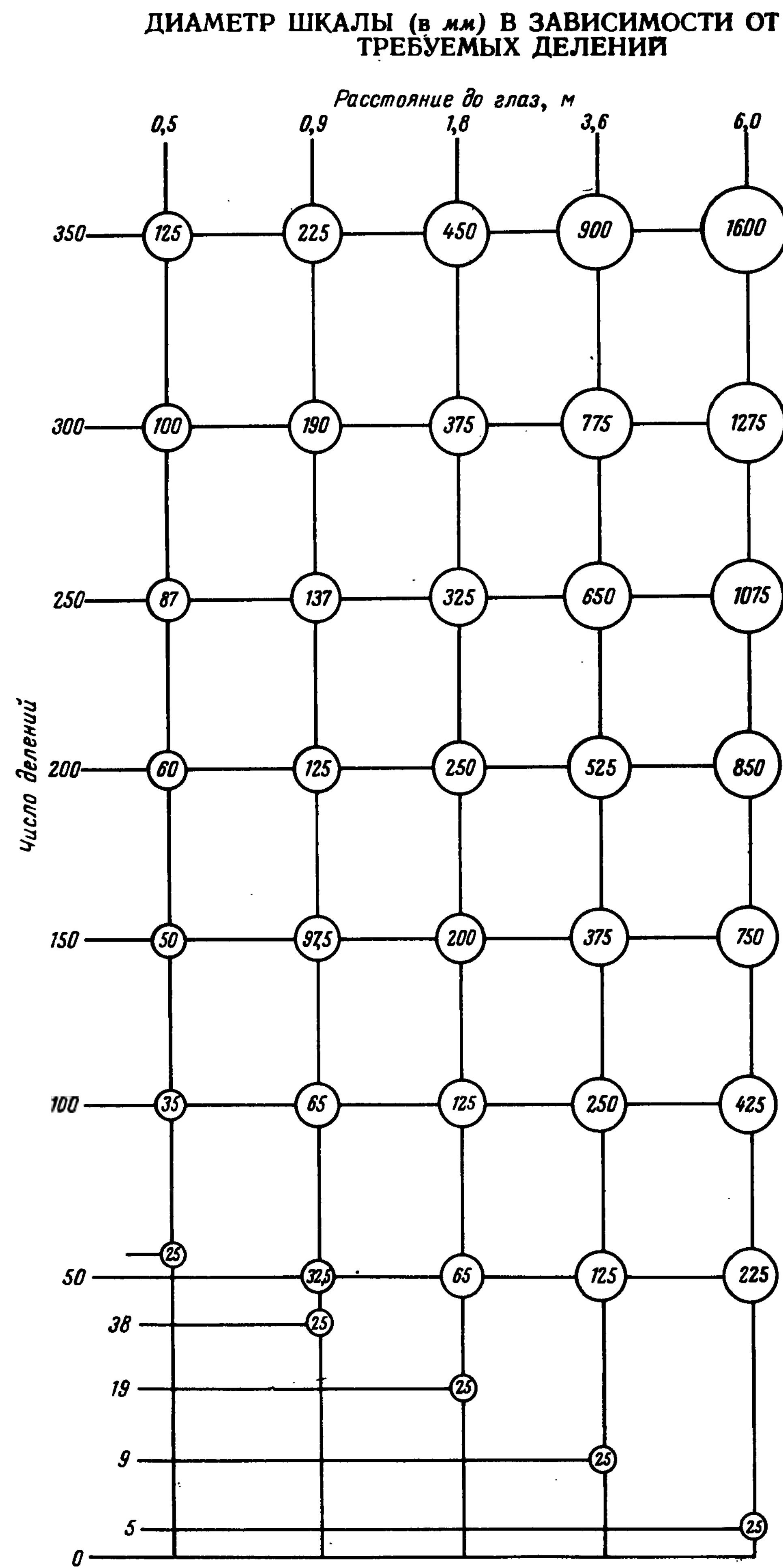


Рекомендуемые размеры для авиационных приборов, мм



РАССТОЯНИЕ ОТ ОБЪЕКТА ДО ГЛАЗ, *м*	ВЫСОТА ДЕЛЕНИЙ, *мм*		
	главные	промежуточные	наименьшие
<0,5	5,5	4,0	2,2
0,5—0,9	10	5,7	4,2
0,9—1,8	20	11,4	8,4
1,8—2,7	40	28	16,8
2,7—6,0	65	47	28

ДИАМЕТР ШКАЛЫ (в *мм*) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧИСЛА ТРЕБУЕМЫХ ДЕЛЕНИЙ





Минимальный диаметр, *мм*

Пример: если расстояние до глаз равно 3,6 *м* и для градуировки требуется 50 делений, внутренний диаметр шкалы должен быть не менее 125 *мм*.

Задав нужное число делений (левый столбец) и предполагаемое расстояние считывания, по приведенной таблице можно определить требуемый диаметр круглого индикатора. На практике нежелательно применять шкалы с диаметром меньше 25 *мм*.

Для легкости чтения цифры должны быть ориентированы в соответствии с типом используемой шкалы или циферблата.

На приборах, имеющих неподвижную шкалу и движущийся указатель, ставьте цифры вертикально.

Между началом и концом неполной круговой шкалы должен быть четко видимый промежуток, величина которого не должна быть меньше основного деления шкалы. Располагайте промежуток, как показано на рисунке.

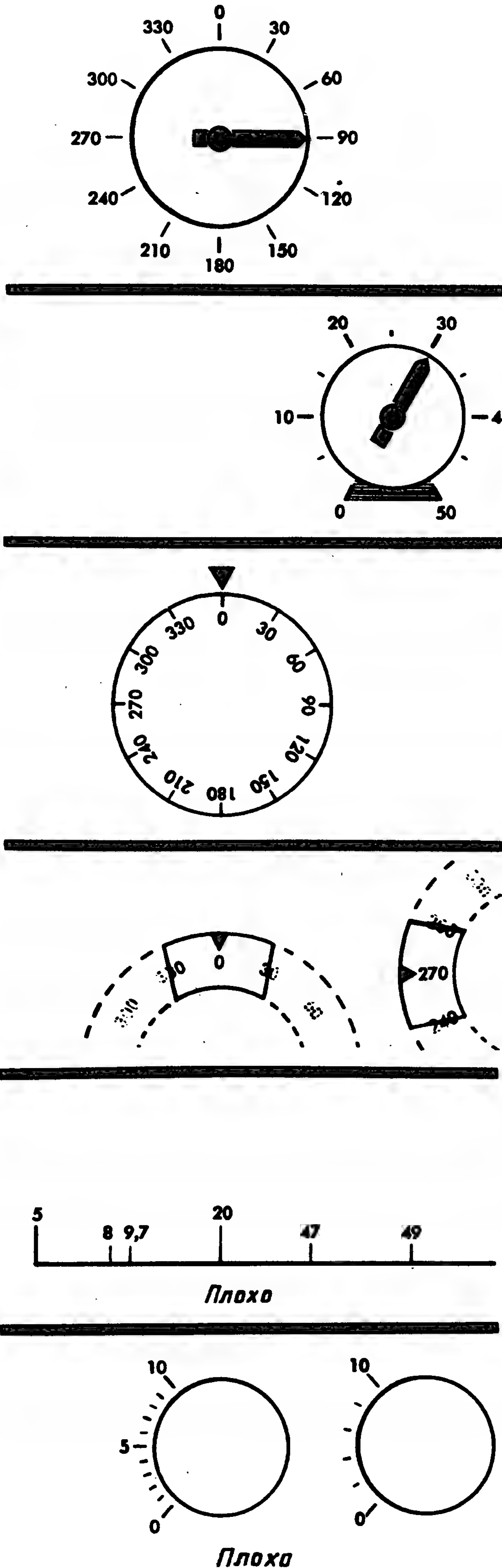
На циферблате прибора, который имеет неподвижный указатель и движущуюся круговую шкалу, располагайте цифры радиально. По возможности устанавливайте указатель в положении «12 часов».

Цифры счетчика со шкалой, движущейся мимо неподвижного окна, должны быть ориентированы так, чтобы они появлялись в открытом окне в вертикальном положении. В окне должно быть видно одновременно не менее двух цифр.

Цифры должны возрастать в направлении движения часовой стрелки, слева направо или снизу вверх.

По возможности избегайте использования неравномерных шкал. Шкалы некоторых приборов и счетных линеек (например, логарифмических) представляют исключения. Логарифмические шкалы могут использоваться там, где допустимая относительная ошибка при считывании показаний постоянна для всей шкалы или где особо важные или часто используемые значения приходятся на конец шкалы и желательно свести к минимуму среднюю ошибку считывания.

Когда два или более прибора со сходными шкалами компонуются на одной панели, их шкалы должны иметь одинаковый модуль оцифровки и быть подобны по форме.



РЕКОМЕНДУЕМЫЙ МОДУЛЬ ОЦИФРОВКИ

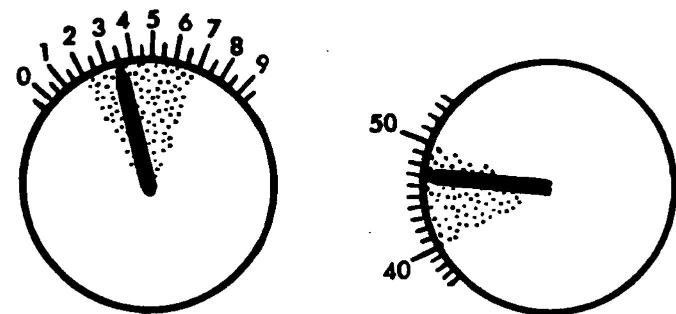
ХОРОШО					УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО					ПЛОХО			
1	2	3	4	5	2	4	6	8	10	3	6	9	12*
5	10	15	20	25	20	40	60	80	100	4	8	12	16
10	20	30	40	50						1,25	2,5	5	7,5

* Этот ряд чисел приемлем для оцифровки приборов, измеряющих углы и направления (в градусах), время и скорость вращения.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЕЛЕНИЯ ШКАЛ

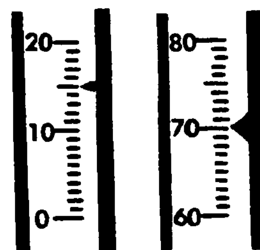


** Исследования показали, что такая система делений обеспечивает большую стабильность времени регулирования, чем при обычной маркировке шкал [1].

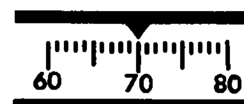


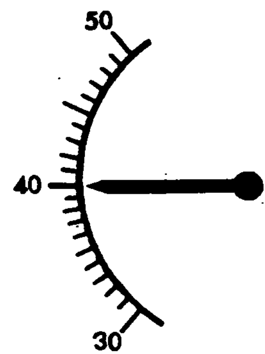
Всегда, когда это возможно, располагайте шкалу так, чтобы приближению к критическому значению измеряемого параметра соответствовало движение стрелки слева направо или снизу вверх. Это исключит возможность ошибочного определения направления возрастания показаний, что особенно важно для приборов контрольного чтения.

Для многооборотных счетчиков располагайте нуль в положении «12 часов».

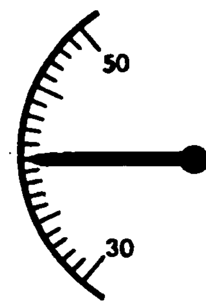








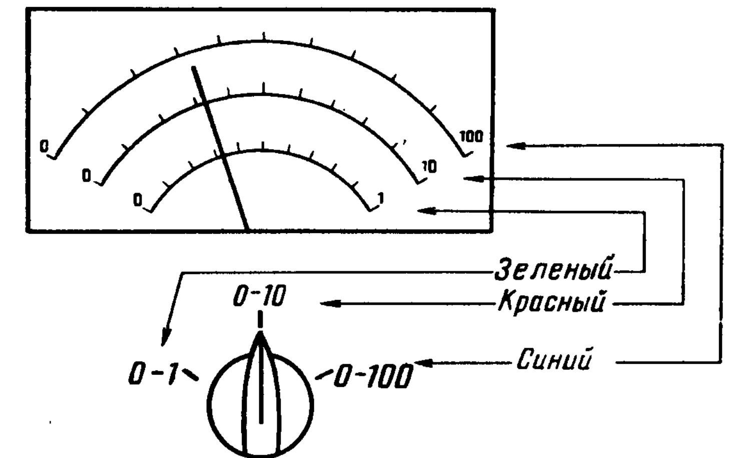
Предпочтительно



Плохо

Указатели и деления шкалы должны быть так взаимно расположены, чтобы указатель как при его движении, так и в неподвижном положении был по возможности близок к делениям, но не закрывал оцифровку.

Многошкальные приборы. Как правило, на одном приборе не следует помещать несколько шкал. Когда же в этом есть необходимость, следует использовать цветовое кодирование, чтобы помочь наблюдателю соотнести нужную шкалу с соответствующим положением переключателя шкалы, отмеченным тем же цветом, что и шкала.

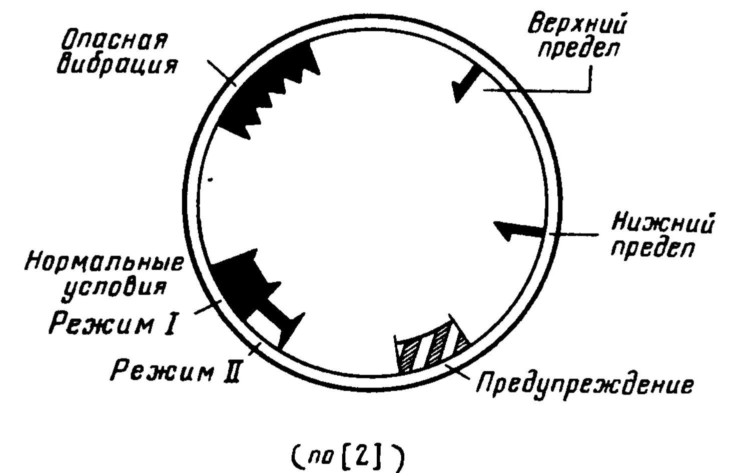


Цветовое выделение зон на шкале прибора, соответствующих разным режимам работы, способствует быстрому определению состояния управляемого объекта. Стандартными цветами для обозначения общего состояния являются:

КРАСНЫЙ:	Опасность
ЖЕЛТЫЙ:	Предостережение
ЗЕЛЕНЫЙ:	Нормально

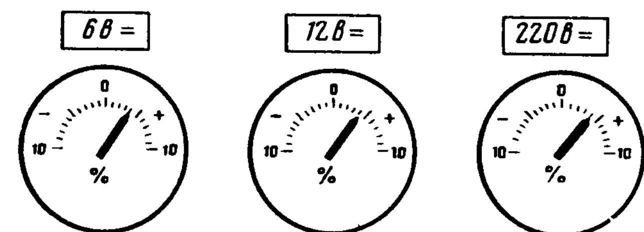


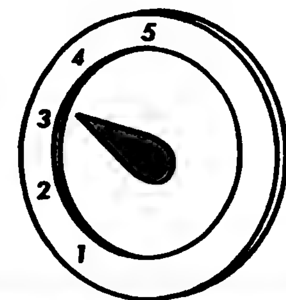
В некоторых особых условиях деятельности человека может быть полезно кодирование участков шкалы, соответствующих различным режимам работы оборудования, приданием им особой формы. Например, в условиях монохроматического освещения приборной панели красным светом при ночных полетах кодирование формой является единственным способом маркировки.



(по [2])

Если несколько приборов с различными пределами измерения требуется установить на одной панели, можно использовать нуль-приборы, что облегчает ориентировку в их показаниях. Это можно выполнить преобразованием абсолютных величин в проценты (от номинального значения) и таким образом уравнять пределы измерения всех приборов.

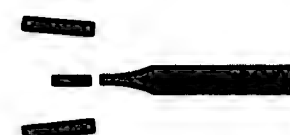


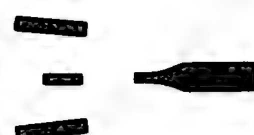


Когда диаметр шкалы слишком мал, так что на ней нельзя рационально расположить стрелку и деления, можно использовать пространство приборной панели для гравировки на нем цифр. (Этот метод может быть использован только тогда, когда требуется лишь грубое определение положения стрелки.)

Кончик стрелки должен быть такой же ширины, как самое малое деление.

Предпочтительно *Плохо*

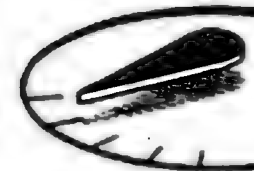




Стрелку следует устанавливать так, чтобы расстояние между ее концом и делением шкалы было минимальным и составляло не свыше 1,5 *мм*.

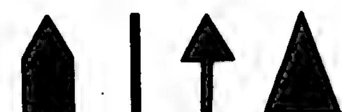
Избегайте использования стрелок, которые перекрывают деления шкалы.

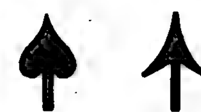




Стрелку следует располагать таким образом, чтобы свести к минимуму параллакс.

По возможности стрелку следует окрашивать в цвет, одинаковый с цветом чисел и делений.





Когда необходимо совместное восприятие двух стрелок, их указатели должны быть четко различимы.

Для быстрого и точного отсчета показаний форма концов стрелок должна быть простой.

СПИСОК КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ЦИФЕРБЛАТОВ И ШКАЛ ПРИБОРОВ

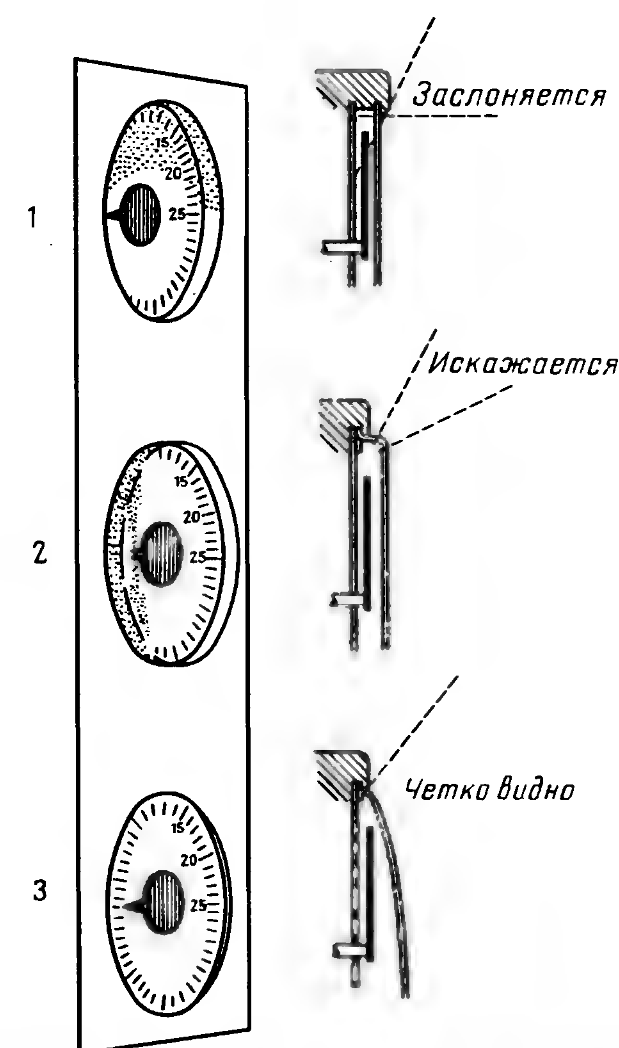
- ОБЕСПЕЧЕН ЛИ МАКСИМУМ ПРОСТОТЫ, СОВМЕСТИМЫЙ С ИНФОРМАЦИОННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ?
- ЛЕГКО ЛИ ПОНЯТЕН СМЫСЛ ЦИФЕРБЛАТА ИЛИ ШКАЛЫ ПРИБОРА (НЕ ТРЕБУЮТ ЛИ ОНИ ВЫПОЛНЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ИЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕСЧЕТНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ)?
- ПРЕДУСМОТРЕН ЛИ МАКСИМАЛЬНЫЙ КОНТРАСТ МЕЖДУ ЦИФРАМИ И ФОНОМ В СООТВЕТСТВИИ С ПРЕДПОЛАГАЕМЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ?
- ОПТИМАЛЬНЫ ЛИ РАЗМЕРЫ ЦИФЕРБЛАТА, УЧИТЫВАЯ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ЦИФР, ДЕЛЕНИЙ И РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ НИМИ?
- ПРАВИЛЬНО ЛИ ВЫПОЛНЕНА ОЦИФРОВКА ПРИБОРА (НАПРАВЛЕНИЕ ВОЗРАСТАНИЯ ЧИСЕЛ, ДЕЛЕНИЯ ШКАЛЫ, ОТНОШЕНИЕ МЕЖДУ НАПРАВЛЕНИЕМ ВОЗРАСТАНИЯ ЧИСЕЛ, ДВИЖЕНИЕМ СТРЕЛКИ И СООТВЕТСТВУЮЩИМИ РЕГУЛИРУЮЩИМИ ДЕЙСТВИЯМИ)?

КОНСТРУКТИВНЫЕ ПРИЕМЫ УСТРАНЕНИЯ ПАРАЛЛАКСА

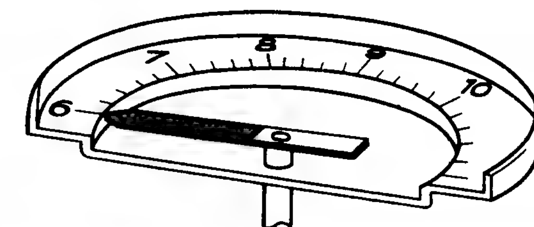
В первом примере использование плоской крышки на циферблате прибора привело к необходимости утопить его в панель настолько глубоко, что цифры не видны из-за тени и других помех, вызванных углублением.

Во втором примере показано улучшение, достигнутое тем, что стеклянная крышка выступает относительно поверхности панели, для чего пришлось видоизменить крышку. Заметьте, однако, что такая конфигурация крышки создает у ее краев оптические искажения, частично заслоняя цифры даже и в этом случае.

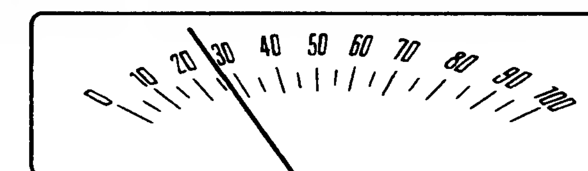
Третье решение устраняет оптическое искажение благодаря более рациональной выпуклой форме стеклянной крышки прибора.



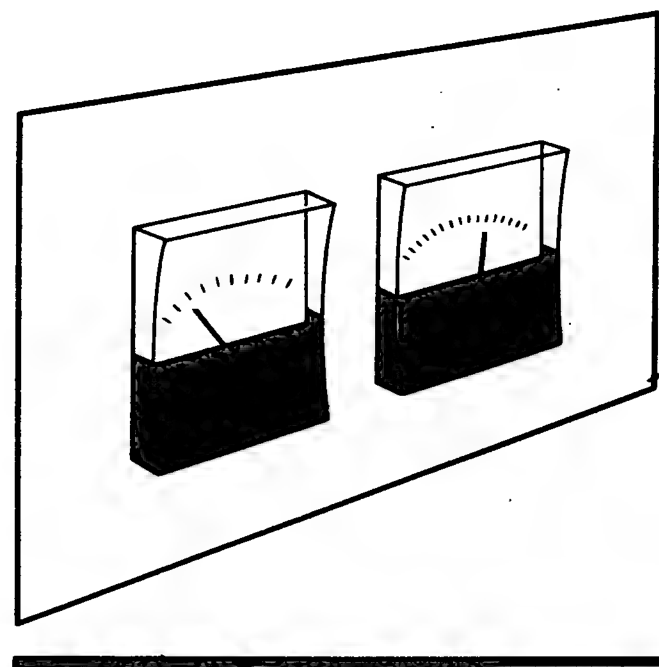
Максимальное снижение параллакса может быть достигнуто с помощью специального способа крепления стрелки, как показано на рисунке справа. Хотя эта конструкция циферблата дороже и сложнее в изготовлении, ее эксплуатационные преимущества компенсируют технологические затраты.



Избегайте таких ошибок в размещении шкалы, как показано на иллюстрации справа. Этот тип ошибки характерен для тех конструкторов, которые пытаются ввести неоправданную стилизацию в приборные панели.

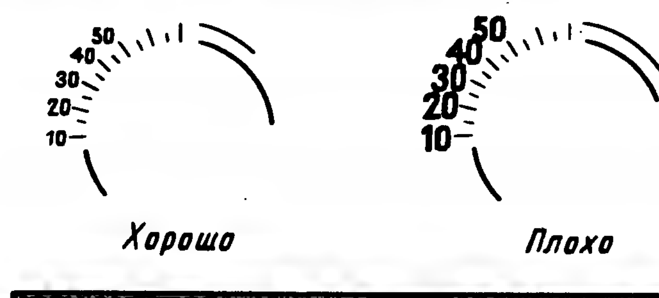


Плохо

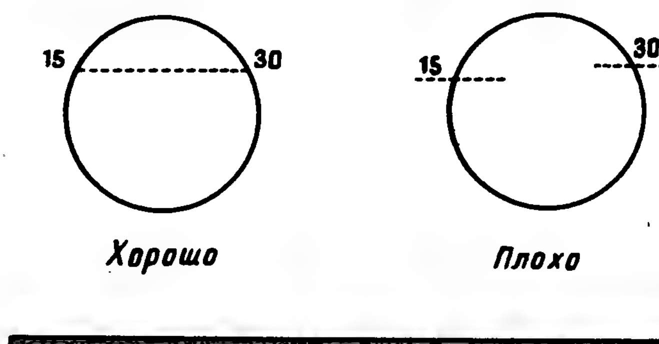


Во многих случаях используются приборы, имеющиеся в продаже. В этих случаях следует тщательно выбирать такие приборы, в которых учтены требования инженерной психологии. Например, в приборах, показанных на рисунке слева, обеспечено хорошее освещение шкалы благодаря использованию широких прозрачных крышек.

Имеющиеся в продаже приборы можно переделать, чтобы перемещение указателей лучше соотносилось с направлением движения. Кроме того, в таких случаях циферблат следует изменить так, чтобы цифры были в положении, удобном для их восприятия наблюдателем.



Обычно желательно придавать цифрам оптимальные размеры и форму, но иногда это вызывает загромождение шкалы и понижает ее читаемость. Лучше уменьшить пропорции или размер цифр, оставив достаточное место между ними. Это повысит их четкость, как показано на иллюстрации слева.



Надо стараться, чтобы в расположении цифр на лицевой части прибора соблюдалась определенная симметрия. Если расположение асимметрично, человеку труднее считывать показания, и при этом более вероятны ошибки.

НЕ КУРИТЬ **НЕ КУРИТЬ**

Избегайте загромождения панели буквами, знаками или надписями из-за желания использовать оптимальные размеры и пропорции букв. Достаточное расстояние между буквами необходимо для их хорошей читаемости. Это достигается использованием более узкого начертания букв, как показано на правом рисунке.

ПРИМЕЧАНИЕ. Читаемость показаний приборов, а также надписей или знаков должна проверяться на макете точно так же, как проверяется восприятие приборной панели в целом. Не следует применять рекомендованные размеры и пропорции деталей циферблата прибора без учета других пространственных факторов, таких, как компоновка, равновесие, симметрия и т. д., которые также существенно влияют на условия восприятия показаний и, следовательно, на производительность операторского труда.

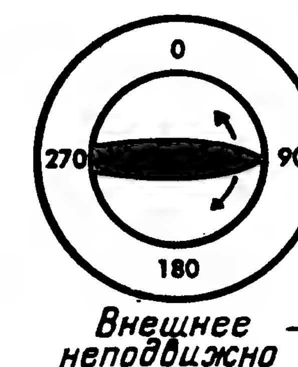
При всякой возможности испытывайте читаемость приборов на некотором числе своих коллег, чтобы выяснить, не могут ли некоторые элементы, кажущиеся на первый взгляд незначительными, явиться причиной путаницы или ошибки.

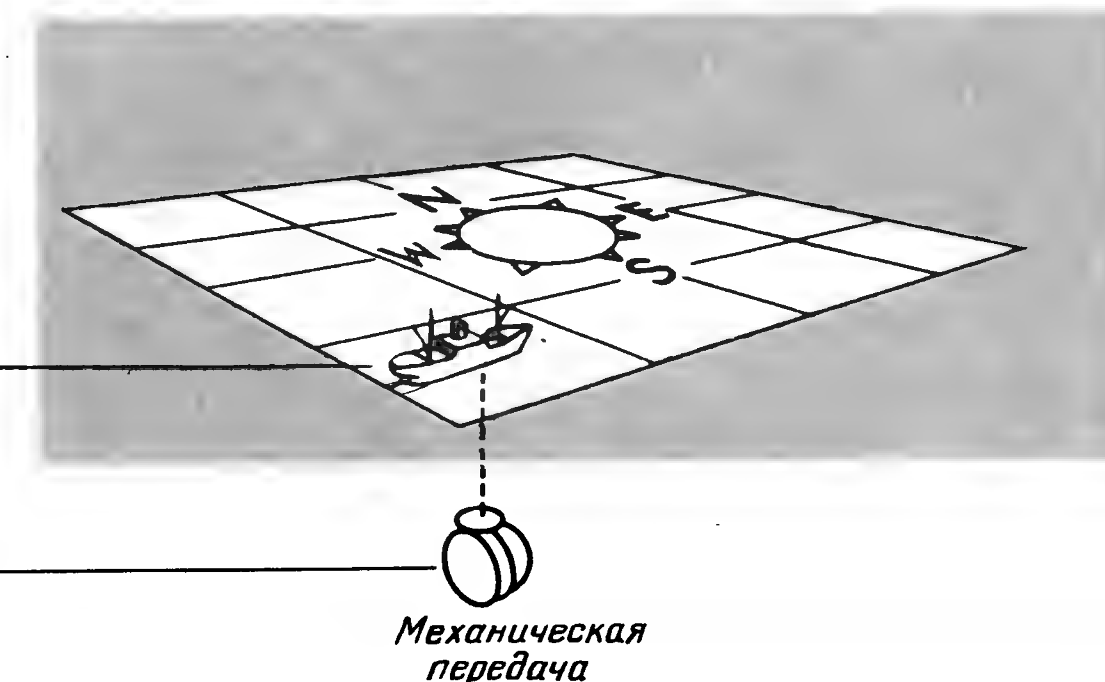
НАГЛЯДНЫЕ ИНДИКАТОРЫ

Наглядные (изобразительные) индикаторы полезно применять для отражения расположения объектов в пространстве. Они воспроизводят в миниатюре внешний мир, окружающий кабину самолета или помещение пульта управления. По принципу действия они могут быть электронными или механическими.

При конструировании как механических, так и электронных наглядных индикаторов возникает трудный вопрос, какие части этой индикации должны быть фиксированными и какие — подвижными. Часто задача усложняется еще и тем фактом, что на индикацию накладываются естественные сенсомоторные ассоциации человека, если на ней отражаются собственные регулирующие действия оператора.

В общем случае можно сказать, что, когда управляемое оператором транспортное средство движется в пространстве, оператор будет наилучшим образом воспринимать наглядную индикацию, если его собственное движение отражается на индикаторе подвижной частью, а ориентиры пространства — фиксированной частью прибора. Напротив, если оператор контролирует положение какого то постороннего (внешнего) движущегося объекта, то, как правило, он будет лучше воспринимать наглядную индикацию, если его собственное положение представлено фиксированной частью прибора, а наблюдаемый объект — движущейся частью. Выбору одного из этих двух противоположных принципов индикации следует уделять особое внимание. При этом важно, чтобы эти два принципа не смешивались на одной и той же панели.



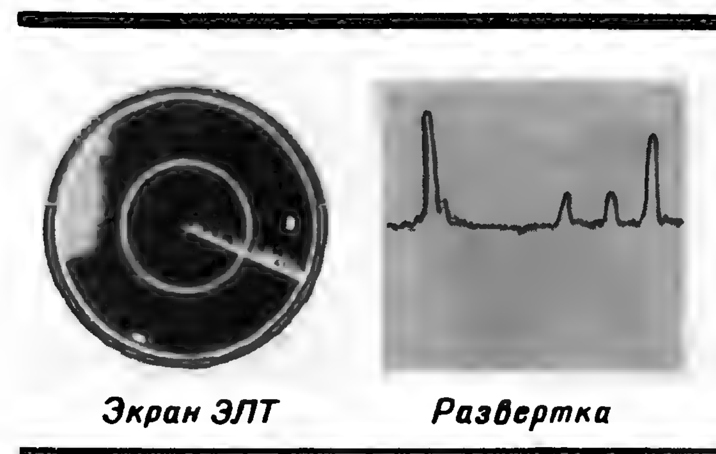




На экранах электронно-лучевых трубок информация о положении объектов обычно представлена с помощью прямоугольных или полярных координат. На работу оператора влияют следующие характеристики устройства отображения информации.

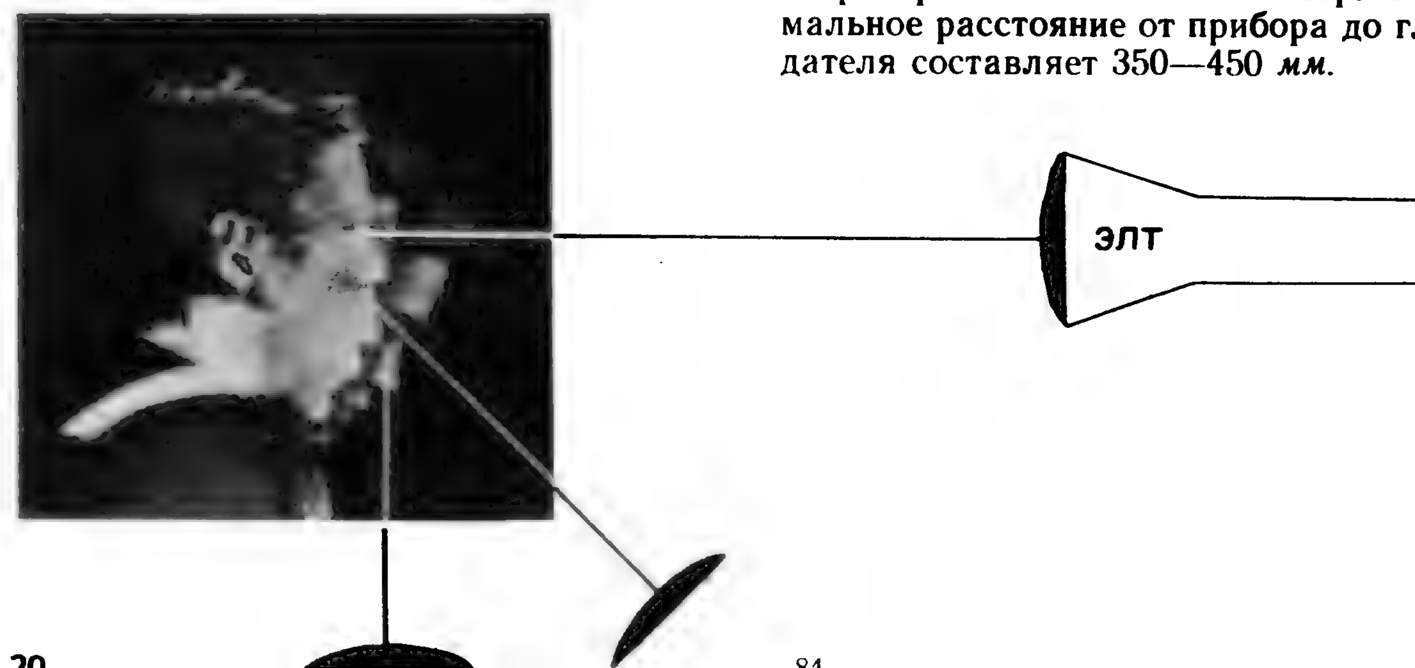


РАЗМЕР. Когда не требуется вычерчивание оператором кривой, отслеживаемой по экрану, или одновременное наблюдение экрана несколькими операторами, большая трубка не имеет существенного преимущества перед малой. Для обозрения всего экрана очень большой трубки требуется больше времени. С другой стороны, такая трубка позволяет использовать сетку с большим числом делений и таким образом повысить точность слежения. Экраны диаметром 130—180 *мм* наиболее удобны, если от оператора не требуется копировать график.

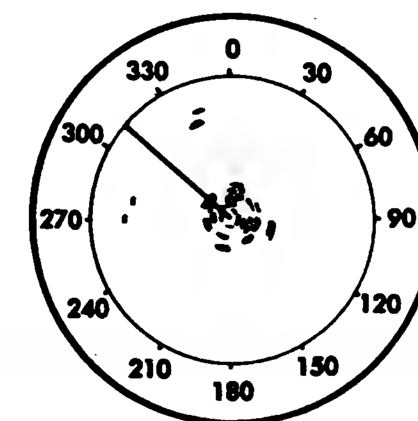

Экран ЭЛТ   Развертка

ФОРМА. Конфигурация гнезда или обрамления вокруг электронно-лучевой трубки должна соответствовать избранному общему принципу индикации: круглая форма для полярных и прямоугольная для декартовых координат.

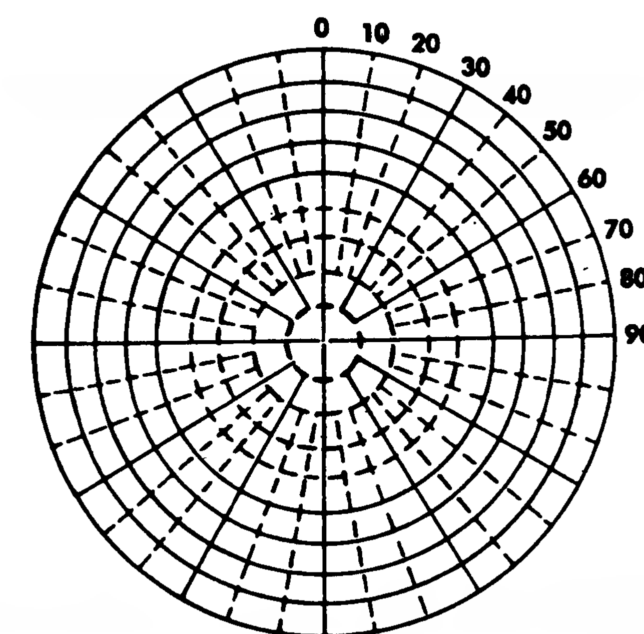
ПОЛОЖЕНИЕ ИНДИКАТОРА. Электронно-лучевая трубка должна устанавливаться так, чтобы зрительная ось оператора была перпендикулярна к поверхности трубки в ее центре. Рекомендации относительно углов установки трубки при различных положениях оператора можно найти на стр. 2-128. Нормальное расстояние от прибора до глаз наблюдателя составляет 350—450 *мм*.



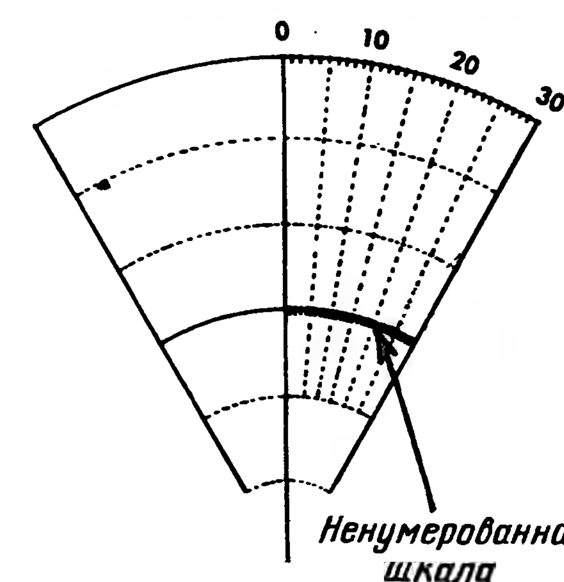
УКАЗАТЕЛИ КУРСА. Электронные указатели курса обладают рядом преимуществ по сравнению с механическими указателями с точки зрения восприятия оператором их показаний, так как при их применении устраняется параллакс и повышается точность. Увеличение длины шкалы повышает точность; максимальное приближение луча к делениям шкалы, добавление цифрового счетчика, который показывает точные числовые значения, указываемые лучом, еще более повышает точность считывания. Когда допустима погрешность порядка 5° или больше, нет реальной необходимости в применении электронного указателя, поскольку оператор способен сам определять направление с такой степенью точности (конструирование шкал см. стр. 2-9—2-16).



СЕТКА. Точность определения положения объекта повышается, если нанести деления в виде специальной сетки, устанавливаемой перед экраном. Чем выше требования к точности чтения, тем более частой должна быть сетка. Чтобы свести к минимуму мешающее действие множества тонких линий сетки, важно увеличить размер экрана. Величину делений нельзя точно указать для всех случаев, но можно сформулировать некоторые общие рекомендации по их выполнению.



Минимальное расстояние между зональными кругами на сетке с полярными координатами должно соответствовать углу зрения порядка 1°36′, т. е. составлять около 12 *мм* при расстоянии экрана от глаз наблюдателя, равном 450 *мм*. Для пеленга (румба) рекомендуются сплошные линии через каждые 30° и пунктирные линии через каждые 10°. Если необходимо разделить шкалу больше чем на четыре зональных круга, полезно разбить круги на секторы, указывая половину из них пунктирными, а половину — сплошными линиями. Полезно также использование разных цветов для выделения отдельных секторов. На очень больших сетках (диаметром 750 *мм* и более) можно в качестве вспомогательного средства ориентировочного пеленгования наносить деления также на зональных кругах.



ЗНАКИ НА ЭКРАНАХ РАДАРНЫХ УСТАНОВОК

Обычно конструкция радарных установок предусматривает передачу информации о положении объектов и об окружающей обстановке, а не представление письменных знаков. Однако имеются комплексные радарные электронные системы, такие, как ксерографические приборы и характроны (charactron), которые предназначены специально для воспроизведения различных знаков. Буквенно-цифровые знаки могут с успехом применяться на экранах радаров, дополняя информацию о положении цели сведениями об опознавательных знаках объектов, высоте и т. д. Характеристики катодно-лучевой трубки, такие, как фокусировка, зернистость фосфоресцирующего покрытия, яркость изображения, непосредственно влияют на условия восприятия. Угол зрения в 16′, который приблизительно равен пяти румбам (при расстоянии до глаз 400 *мм*), соответствует минимальным размерам, которые требуются для хорошего восприятия знаков. Оптимальная высота букв соответствует углу зрения 27′.

В качестве условных обозначений применимы также геометрические знаки. Желательно выбирать такую форму знаков, которая наиболее проста для написания. В общем случае требования удобства и легкости восприятия вполне совместимы с инженерными требованиями простоты конструкции элементов.

МИНИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ РАЗМЕРЫ ЭЛЕМЕНТОВ ЗНАКОВ И СИМВОЛОВ [3]

ЭЛЕМЕНТЫ	ХАРАКТЕРИСТИКА	РАЗМЕР, *мм*
Точки и кружки	Диаметр	0,5
Четырехугольники и треугольники	Длина короткой стороны	0,5
Линии	Ширина	0,125 (светлая на темном фоне) 0,25 (темная на светлом фоне)

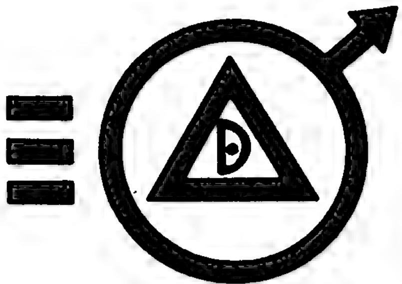
НАБОР ХОРОШО ОТЛИЧИМЫХ ДРУГ ОТ ДРУГА СИМВОЛОВ [3]

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14

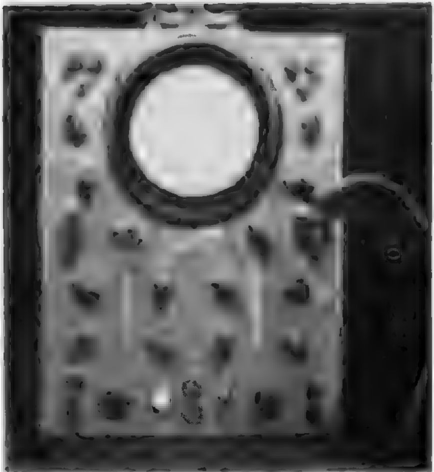
ПРИМЕЧАНИЕ. Не используйте 11 совместно с 3, 12 совместно с 5 или 7 и 13 совместно с 8.

Нередко приходится к основному символу добавлять вспомогательные. При сочетании основных и вспомогательных символов надо иметь в виду следующее:

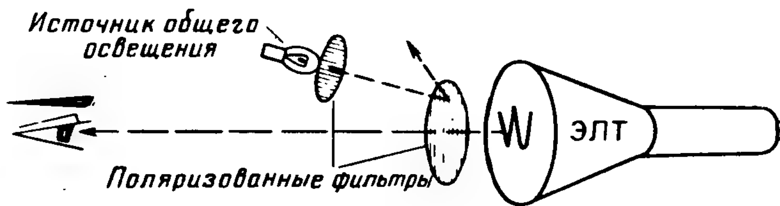
- Основные символы должны быть большими и представлять собой некоторый замкнутый контур.
- Вспомогательный символ не должен пересекать или искажать основной символ, смешиваться с ним или так или иначе затемнять основной символ.
- Комплексы символов не должны включать более двух, максимум трех геометрических символов, а именно обозначений положения, скорости и направления.
- Когда требуется еще и другая информация, используйте цифро-буквенные обозначения или одну, две или три параллельные отметки для указания величины параметра.
- Геометрический центр символа, или «ясная точка», должен указывать положение.
- Вспомогательные отметки желательно делать сплошными.



ОСВЕЩЕНИЕ. (См. также стр. 2-176.) Яркостные контрасты между сигналом и фоном и между объектом и «шумом» на практике варьируют в такой степени, что оптимальные уровни установить невозможно. Контрастные отношения могут быть улучшены снижением яркости фона и отражения света от поверхности. Отношение яркости метки к яркости фона можно довести до максимума с помощью соответствующих фильтров. Особого успеха можно достигнуть, применяя перекрестно поляризованные фильтры. При этом методе используются источник поляризованного света и второй поляризованный фильтр у поверхности экрана. В этом случае оператору уже нет необходимости работать в полностью затемненном помещении. Перед экраном, наблюдаемым одним оператором, рекомендуется устанавливать козырьки, если общее освещение не может соответствующим образом регулироваться.







СЛОЖНЫЕ ИНДИКАТОРЫ

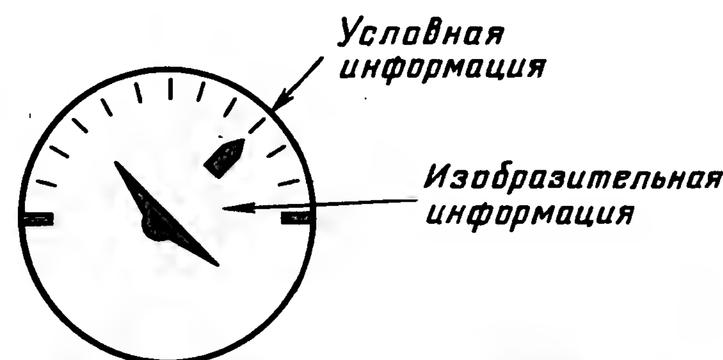
Применение визуальных индикаторов различных типов в пределах одного прибора, в системе приборов или на одном экране, например, проекционном или телевизионном, должно быть основано на следующих принципах:

Сочетайте только те виды информации, которые просто и естественно объединяются.

Оформляйте одинаковым образом общие элементы приборов (неподвижные и движущиеся части, деления шкал и т. д.).

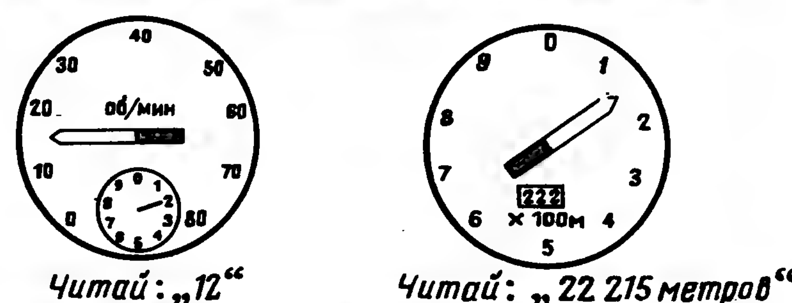
Сводите до минимума параллакс при сочленении приборов.

Не отвлекайте оператора ненужной ему информацией.

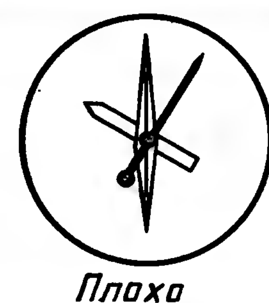


СОЧЕТАНИЯ ИНДИКАТОРОВ В ОДНОМ ПРИБОРЕ

Совмещение нескольких видов информации в одном приборе дает оператору общую картину, сокращая время, которое он должен был бы затратить на восприятие разрозненных частей этой общей картины.



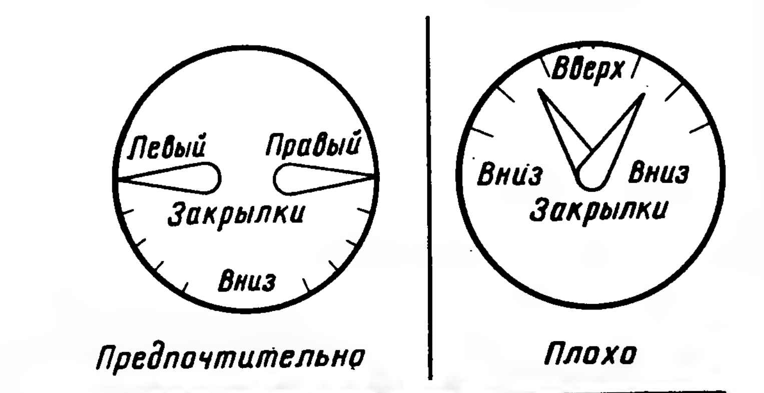
Пределы шкалы могут быть расширены сочетанием указателей со счетчиками. При этом могут быть либо увеличены общие пределы измерения путем сочленения указателя и счетчика, либо увеличена точность. В последнем случае на приборе совмещаются основной указатель и дополнительный циферблат с указателем.



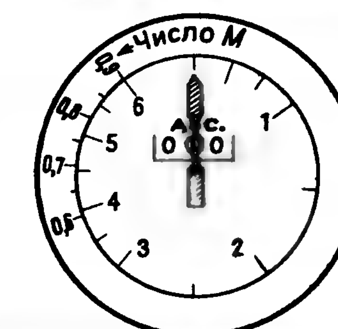
ПРИМЕЧАНИЕ. Последний способ расширения шкалы следует использовать только тогда, когда требуется качественная информация относительно скорости или нормального хода операции. Счетчик является наилучшим средством, когда требуется только количественная информация.

Не употребляйте индикаторов более чем с двумя стрелками.

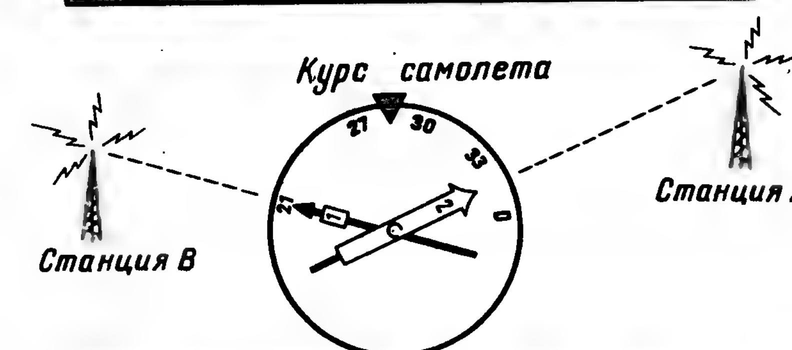
Правильная ориентация двух стрелок на одном циферблате облегчает контрольное считывание показаний.



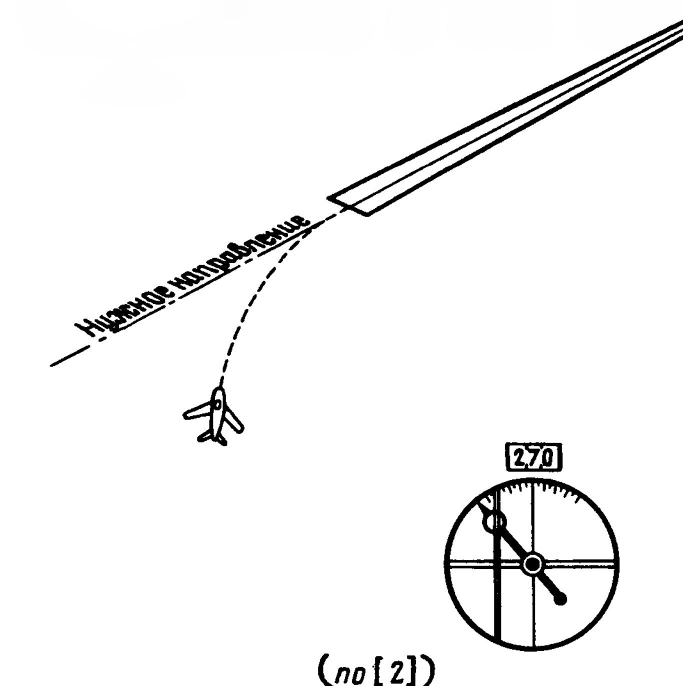
Не следует допускать сочетания в одном приборе не связанных между собой видов информации (положение самолета в пространстве и состояние мотора или курс по компасу и скорость). На приведенном справа примере прибор показывает относительную скорость воздуха, истинную скорость воздуха и число Маха, которые тесно связаны между собой.



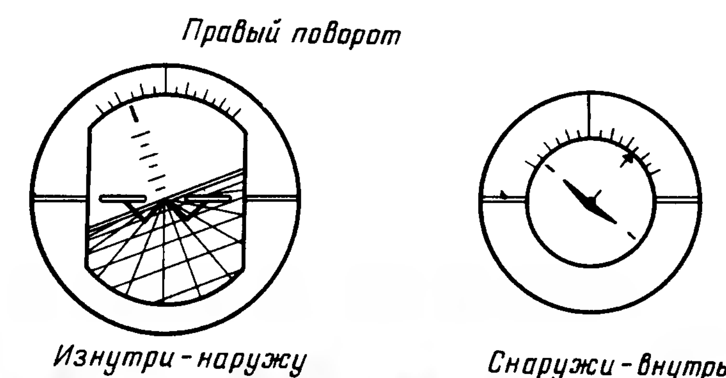
В радиомагнитном индикаторе два указателя радиокомпаса накладываются на вращающуюся в магнитном поле катушку, так что курс на станцию можно прочесть прямо под указателем компаса, обращенным к станции. По углу, образованному двумя указателями радиокомпаса, пилот может установить положение аэродрома и курс относительно двух наземных станций.

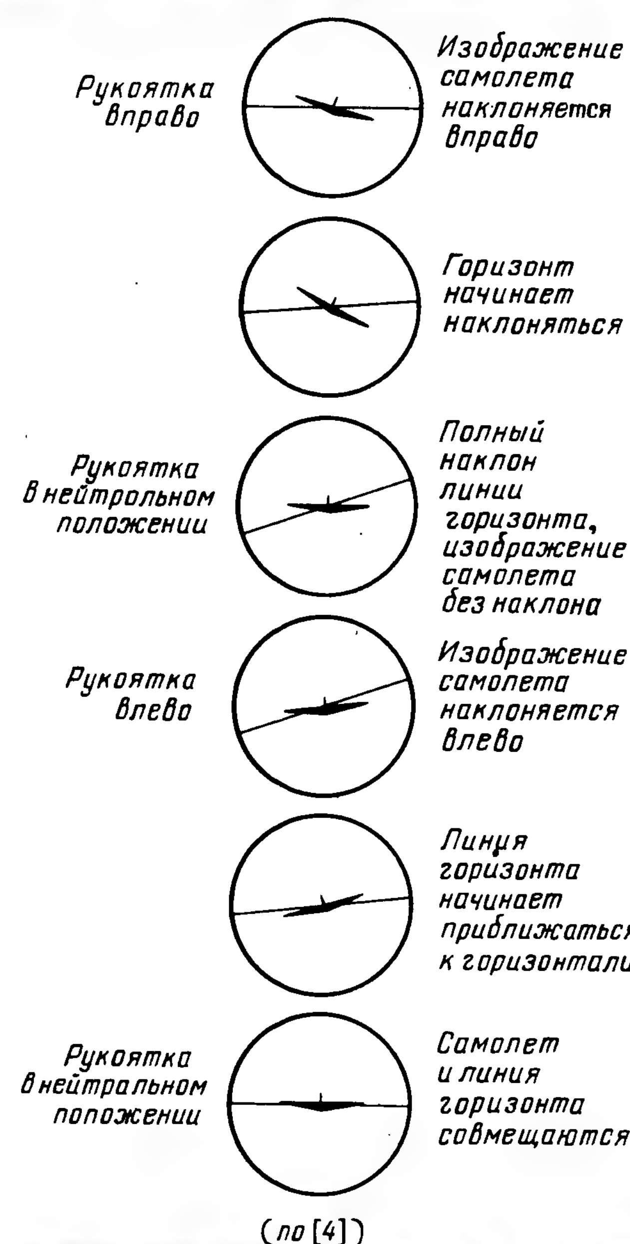


Иногда можно использовать движение одной стрелки для регулирования положения второй стрелки. На помещенной справа иллюстрации положение указателя относительного курса регулируется по указателю локатора, позволяя летчику выводить самолет на желаемую трассу по наиболее рациональной ассимптотической кривой. Совмещение этих двух стрелок — задача более легкая, чем соотнесение показаний двух различных индикаторов. В приведенном примере стрелка локатора показывает положение самолета относительно радиолуча. Индикатор относительного курса показывает скорость, с которой самолет приближается или удаляется от трассы локатора. Относительный курс, указываемый локатором, является первой производной от положения самолета. Скорость легче регулируется пилотом, чем положение самолета, хотя последнее является главным показателем для пилота. Однако управление положением самолета достигается путем измерения курса, который находится под непосредственным контролем пилота и регулируется с меньшим запаздыванием. В индикационных системах подобного типа движение указателя регулируется непосредственно оператором и соответствует первой производной показаний, даваемых прибором.

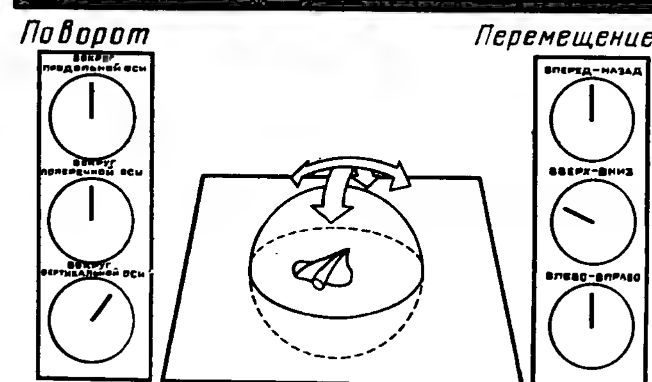


(по [2])





(по [4])



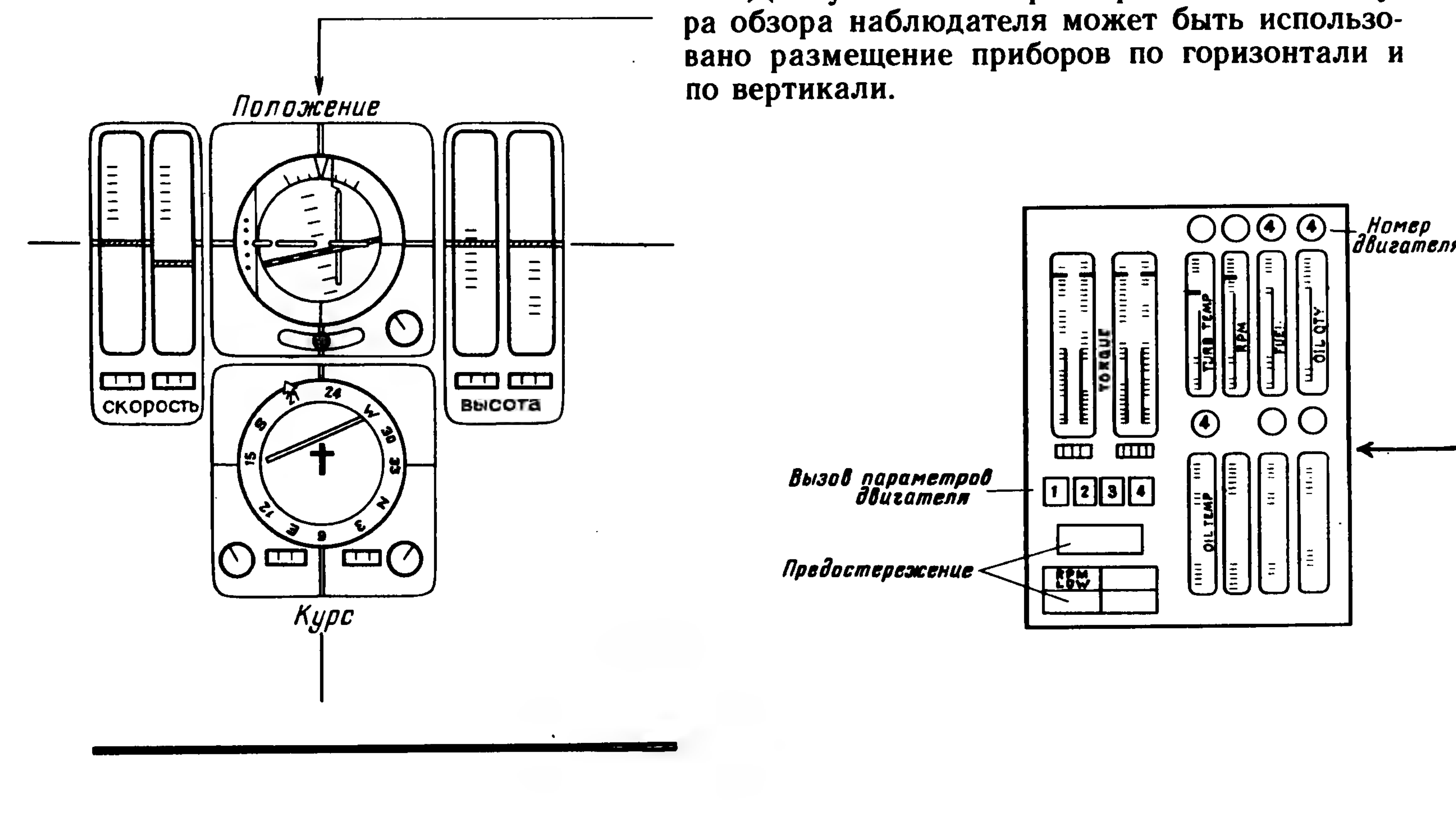
Вопрос выбора типа индикации: «изнутри — наружу» или «снаружи — внутрь» был предметом спора на протяжении многих лет. Хотя этот спор до сих пор еще не решен окончательно, установлены важные положения, которые следует иметь в виду, выбирая один из этих видов индикации. При применении изобразительной индикации типа «изнутри — наружу» ошибок у оператора будет тем меньше, чем более реалистичны будут детали индикации. Если же изображающие элементы должны носить абстрактный характер, рекомендуется индикация типа «снаружи — внутрь».

Недавно была предложена новая изобразительная индикация, в которой сочетаются оба типа. Она получила название «киналог» (Kinalog). В ней маневр самолета представлен сначала с точки зрения «снаружи — внутрь». Затем индикация постепенно меняется и переходит к типу «изнутри — наружу». Особенность этого вида индикации состоит в попытке соотнести индикацию с тем, как сам пилот ощущает маневр самолета. Первое чувство пилота, например, в начале правого поворота — это ощущение, что самолет действительно поворачивает направо. Наблюдая при этом символ самолета на индикаторе, который постепенно кренится на правый борт, пилот видит то, что соответствует его непосредственному ощущению в начале маневра самолета. Затем ощущение пилота адаптируется к наклонному положению, и он судит о повороте по зрительному восприятию положения горизонта. Киналог в свою очередь отражает эту адаптацию на панели, еще больше усиливая согласованность между показанием индикатора и ощущением пилота. Хотя этот вариант изобразительной индикации был испытан только в лабораторных условиях, он представляет собой пример удачного конструирования системы «человек и машина».

С появлением космических кораблей индикаторы положения стали еще более сложными, отражая, кроме наклона, крена, отклонения от направления движения, еще и смещения вправо, влево, вверх и вниз. Изображение многомерных факторов доставляет много трудностей при индикации. Одним из наиболее многообещающих решений этой проблемы является применение трехмерной модели, которой пилот может пользоваться для грубого установления положения корабля, а последующей корректировкой уточнить эти качественные показания.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ПАНЕЛИ КАК О ЦЕЛОСТНОЙ СИСТЕМЕ

Приборную панель всегда следует рассматривать как единое целое. Во многих случаях единство панели достигается простым анализом последовательности снятия показаний приборов при совершении рабочей операции и соответствующим размещением имеющихся приборов с целью сокращения обзора и устранения излишних «блужданий» взгляда оператора по панели. Однако идеальным методом является анализ тех задач, которые стоят перед оператором, и конструирование на этой основе целостной системы приборной компоновки. Этот метод часто приводит к применению совершенно новых индикаторов и обычно снижает число требующихся приборов.



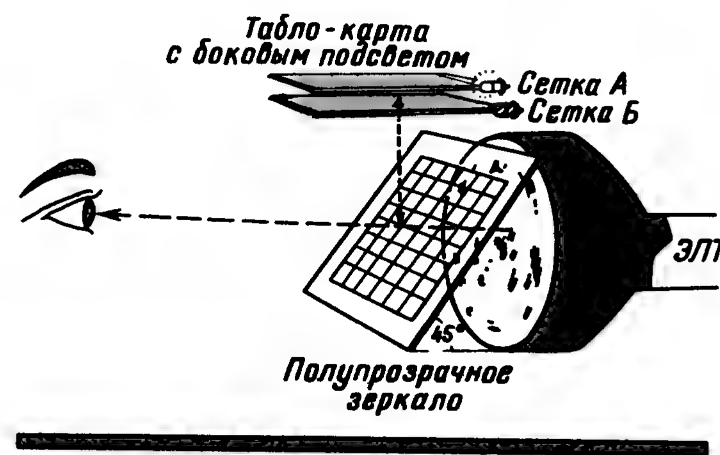
Для уменьшения размеров общего контура обзора наблюдателя может быть использовано размещение приборов по горизонтали и по вертикали.

32 круглошкальных индикатора, которые прежде использовались для управления двигательной установкой самолета, оказалось возможным заменить десятью индикаторами с вертикальными шкалами с использованием новейшей вычислительной техники (по данным Райта [5] и фирмы «Бендикс» [6]).

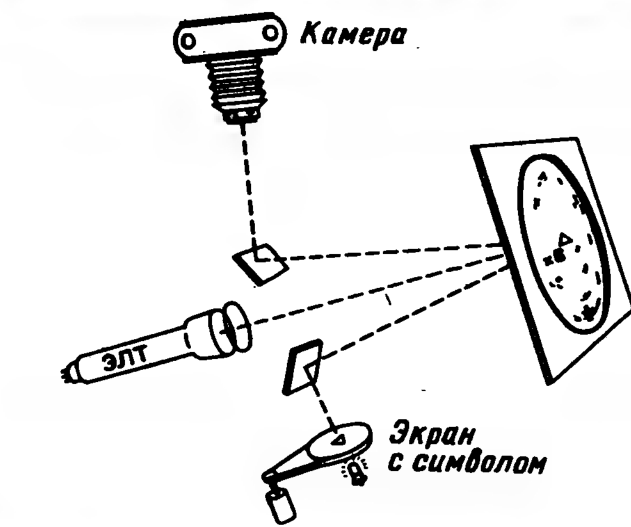
Прозрачный экран ЭЛТ

Панорамный локатор

Панорамный индикатор специальной конструкции позволяет оператору «видеть сквозь» него при визуальном полете, наблюдая одновременно реальный мир за пределами кабины без перевода глаз с приборной панели.



Часто бывает желательно временно совмещать изображение на экране электронно-лучевой трубки с какими-либо шкалами и дополнительными символами, имеющими отношение к индикации. Вследствие несовпадения плоскости экрана с плоскостью этих дополнительных средств индикации может возникнуть большой параллакс, который будет сильно мешать наблюдателю. Однако параллакс можно устранить с помощью следующего приспособления. Знаки, нанесенные на плате, освещаемой независимым источником, отражаются от полупосеребренного зеркала, помещенного под углом 45° к оси зрения. Отражение знаков при этом воспринимается в одной плоскости с экраном электронно-лучевой трубки.



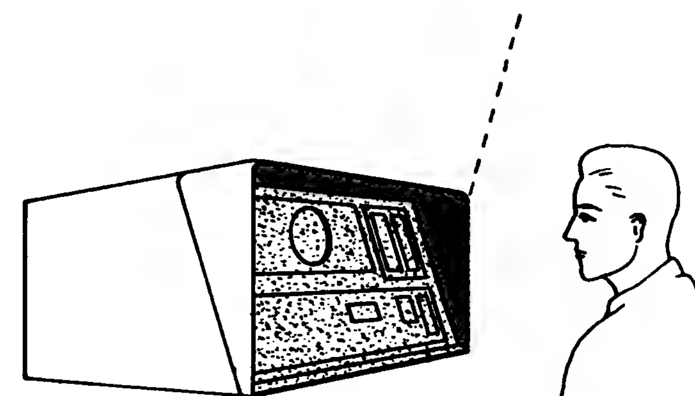
Сочетание постоянных, временных и динамических элементов в системе единой индикации оказывается возможным при применении метода проекции изображений. Этот метод особенно хорош тем, что при восприятии элементов не возникает параллакса. Однако при этом требуется тщательное регулирование контрастов и общего освещения.



Замкнутая телевизионная система дает превосходное решение задачи отображения на рабочем месте оператора удаленных объектов и действий, выполняемых дистанционно. Когда пространство, отводимое для панели информации, ограничено и определенные приборы требуются оператору не все время, они могут быть расположены в другом месте, а их изображения воспроизводятся на экране телевизора, когда в них возникает необходимость. Замкнутая телевизионная система особенно удобна для наблюдения удаленных опасных зон, например при работе атомных двигателей, а также при управлении манипуляторами в лабораториях для ядерных исследований.

Принципиально важным фактором для всех приведенных выше методов индикации является рациональное освещение экрана. Поскольку яркость изображений невысока, следует по возможности исключать попадание на экран лучей от общего освещения.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ СЛОЖНЫХ ИНДИКАТОРОВ

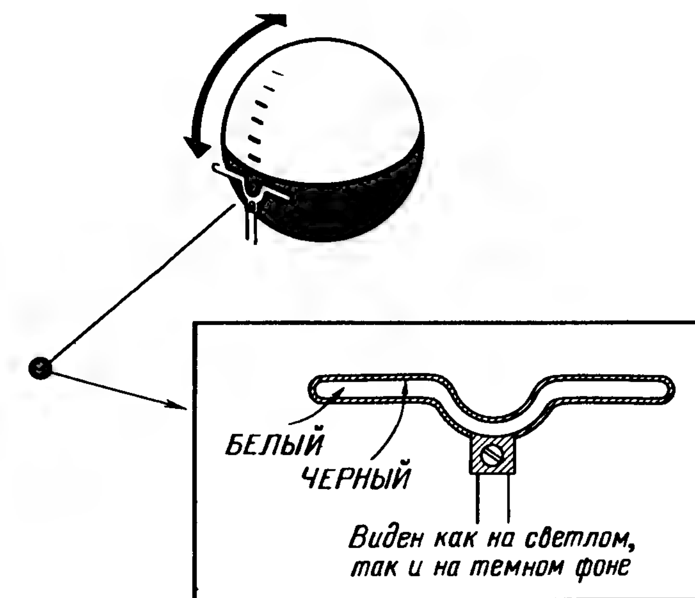


Конструирование большинства комбинированных индикаторов, рассмотренных в этом разделе, сталкивается с серьезной проблемой устранения вредного влияния на зрение оператора отраженного света, поскольку общая площадь остекления крышек приборов оказывается весьма значительной.

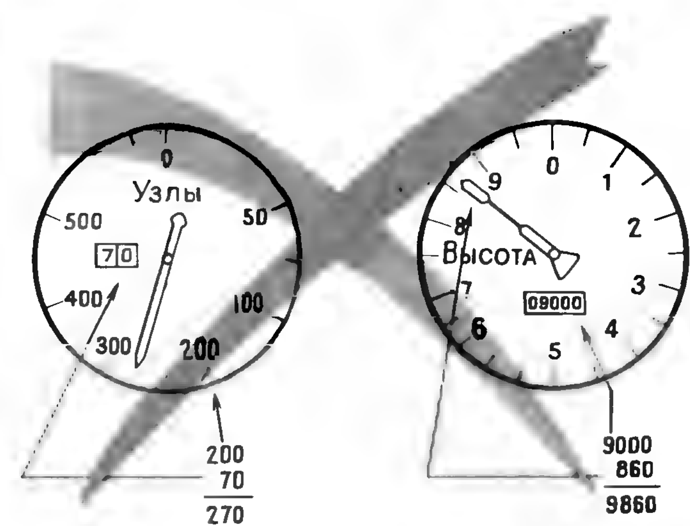
Можно использовать козырьки, прикрывающие стеклянную крышку прибора от прямых лучей общего освещения. Такие козырьки следует с внутренней стороны покрывать черной матовой краской.

Панели, имеющие большие площади остекления, отражают, как в зеркале, самого оператора, что, особенно если на нем светлая одежда, затрудняет зрительное восприятие показаний индикатора. Ранее мы подчеркивали необходимость расположения плоскости приборов перпендикулярно к оси зрения. Однако на деле это иногда как раз создает наиболее благоприятные условия для отражения в стекле прибора самого оператора, поэтому приборы в определенных случаях следует располагать с небольшими угловыми отклонениями от перпендикуляра к оси зрения (см. стр. 2-135).

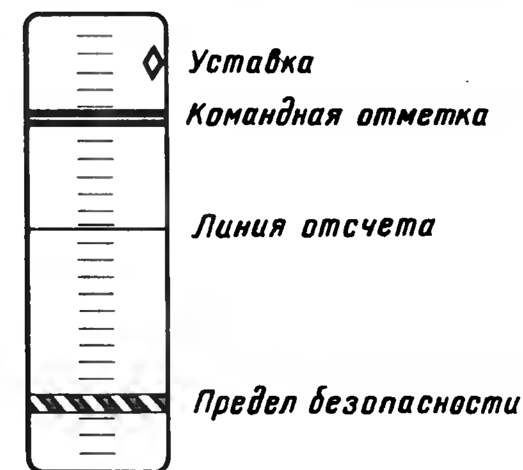
Приборы, освещенные одинаково, могут восприниматься наблюдателем как разные по яркости из-за различия коэффициентов отражения света, связанного с неодинаковой окраской. Это обстоятельство вместе с наличием больших площадей стеклянных крышек требует использования для окраски корпусов приборов не черного, а другого цвета. Оптимальный серый цвет помогает достигнуть общего равновесия в яркости различных индикаторов.



При конструировании некоторых сложных индикаторов необходимо учитывать, что один и тот же символ может появляться на фонах различного цвета. Важно помнить об этом и предусмотреть меры к созданию такого символа, который был бы одинаково хорошо виден при всех условиях. Заметьте, что на иллюстрации справа символ самолета выполнен так, что он может быть виден как на черном, так и на белом фоне.

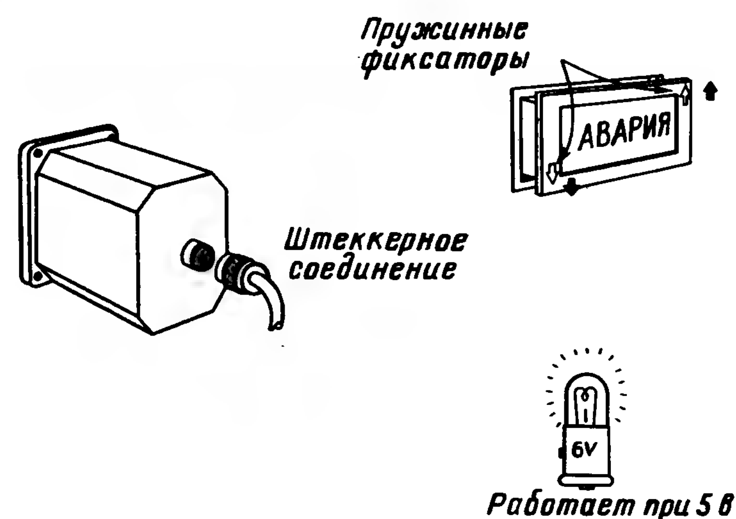


Используя на одной панели покупные приборы, изготовленные различными фирмами, следует убедиться в том, что между их конструкциями нет противоречий. Ярким примером в этом отношении могут служить сочетания приборов, использующих стрелочный указатель и вмонтированный цифровой счетчик. В иллюстрируемом примере на одном приборе указатель дает грубое значение, а счетчик — точное, на другом приборе имеет место обратная ситуация.



Конструирование сложных приборных систем обычно вызывает необходимость использовать больше, чем один тип указателей. В этом случае указатели, как правило, различаются формой, размером, цветом и т. д. Необходимо стремиться к тому, чтобы выдерживать единый код во всей панели, другими словами, отличительный признак должен единообразно использоваться на всех приборах.

Указатели, отметки градуирования и линии начала отсчета могут в разных приборах иметь неодинаковое назначение. Надо стараться четко обозначать это различие. Для этого наиболее приемлемо варьирование длины и ширины штриха.



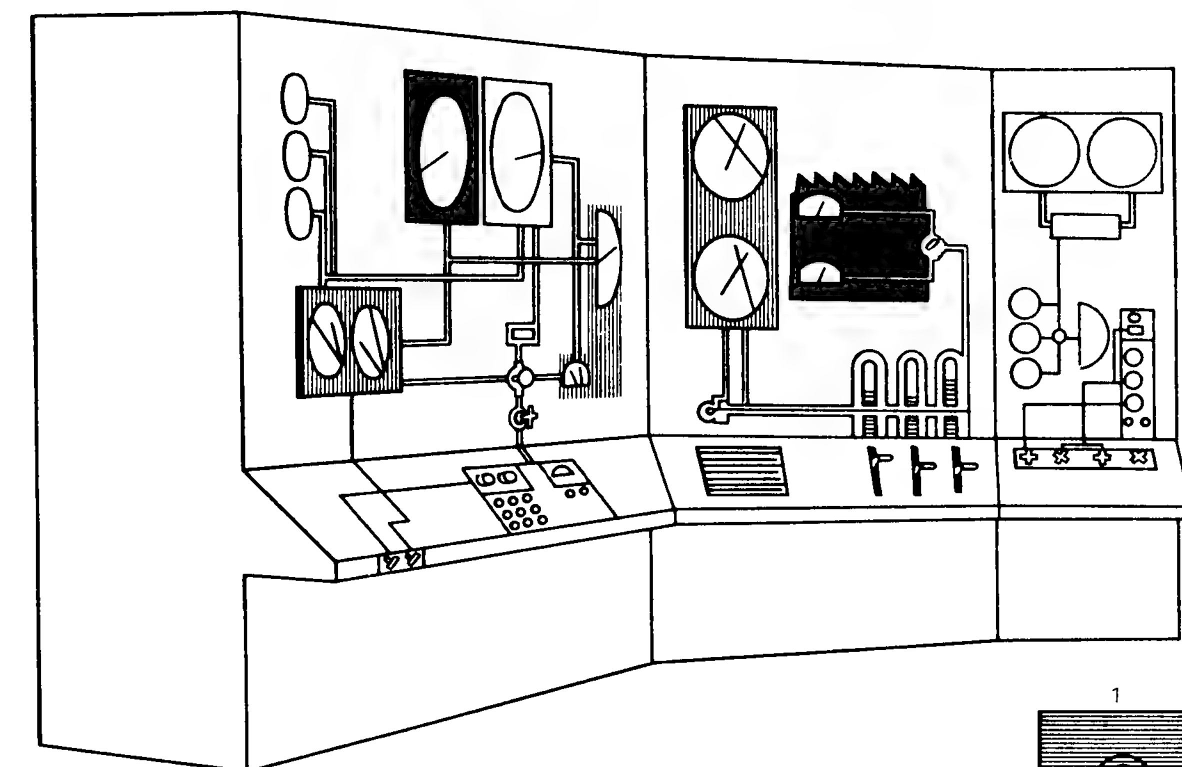
Сочетание или объединение приборов, как правило, усложняет их обслуживание и ремонт из-за уменьшения размеров частей и более плотной компоновки приборов. Чтобы успешно решить эту задачу, рекомендуется применять модульный метод. По возможности избегайте использования большого количества винтов. Лучше всего применять специальные сочленения, позволяющие быстро демонтировать приборные панели, например штеккерные кабельные соединения.

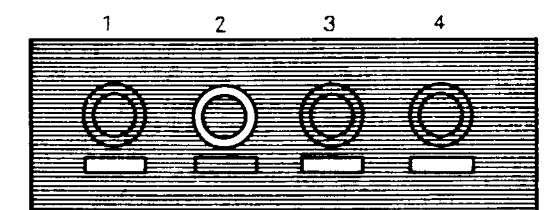
Условия работы оператора с приборами лучше при общем освещении. В процессе конструирования приборов следует обратить особое внимание на удобство смены ламп. Правильный выбор долговечности ламп и их работа при напряжении немного ниже номинального часто обеспечивают достаточную надежность ламп, позволяющую им пережить срок годности всего прибора. Рекомендуются также электролюминесцентные светильники. Применение люминесцентных ламп уменьшает неравномерность освещенности и снижает вероятность внезапного перегорания источника света.

ГРАФИЧЕСКИЕ ПАНЕЛИ

Графическое изображение сложной системы управления часто позволяет оператору получить более ясное представление о состоянии системы, чем обычная совокупность абстрактных счетчиков, индикаторов и органов управления. Так называемые мнемосхемы наглядно воспроизводят непосредственно на панели главные черты системы таким образом, что оператор получает лучшее представление о частях системы, взаимосвязях между ними, направлениях потоков и т. д. Создание наиболее эффективных с точки зрения восприятия динамических мнемосхем требует значительных усилий и затрат времени на конструирование по сравнению со статическими мнемосхемами. В простейшем случае элементы системы могут быть только нарисованы на панели.

В более сложных конструкциях изображения элементов, включая условные обозначения линий потоков, могут быть выполнены так, чтобы они динамично высвечивались с помощью специальных индикаторов или с помощью ламп, подсвечивающих схему сзади или сбоку. Для этих целей могут использоваться также люминесцентные панели. Для обозначения различных подсистем или для особого выделения наиболее важных элементов схемы очень удобно цветовое кодирование. Значительный эффект дает использование мигающего света для привлечения внимания оператора к важным элементам схемы, особенно когда ему необходимо быстро реагировать на сигнал.

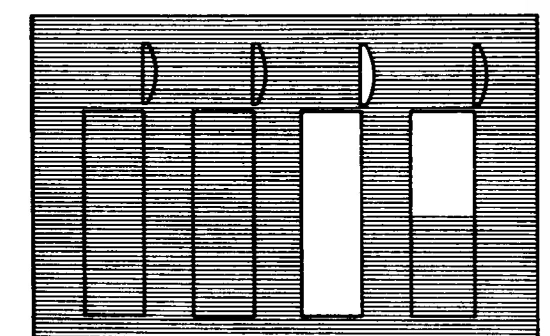


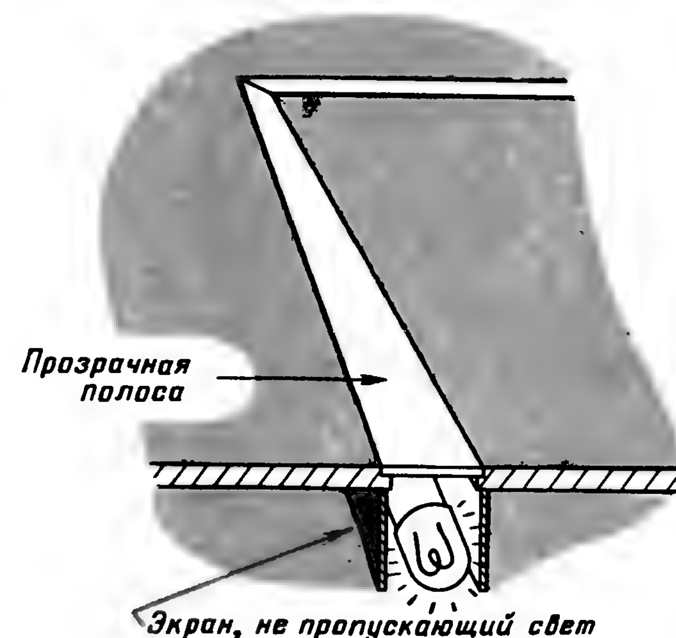


№ 2 еще открыт

Типичным случаем построения системы сигнализации по описанным принципам является используемая на подводных лодках панель, которая показывает открытое или закрытое положение люков. На первом рисунке справа освещенный кружок показывает, что соответствующий люк все еще открыт. До тех пор пока условные обозначения всех люков не погаснут, не может быть подана команда погружения лодки.

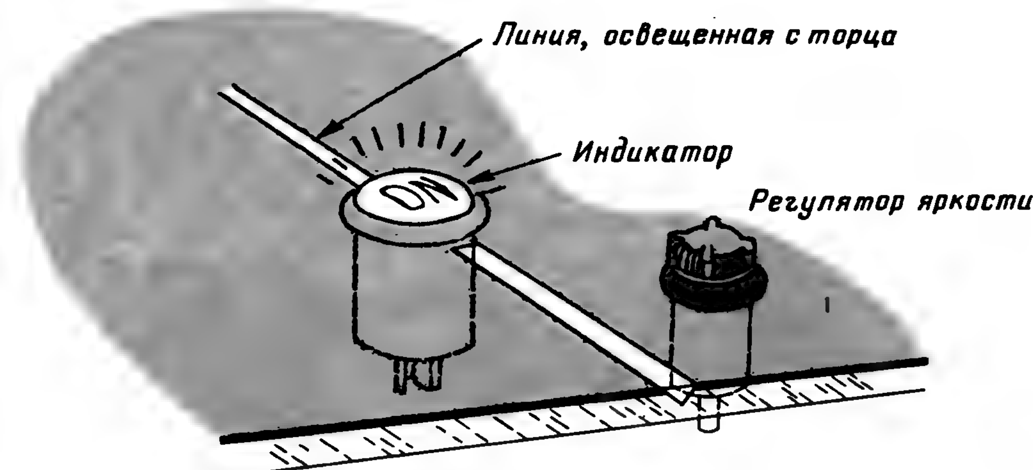
На втором рисунке наглядно изображено состояние камер, когда они открыты или заполнены водой. Электролюминесцентные панели очень удобны для выполнения схем такого типа.

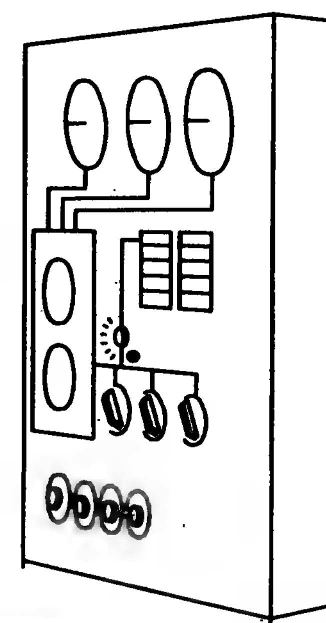

Только что сработал
Пустая камера заполняется



При создании мнемонического изображения сложных систем полезно применять сочетание светящихся линий, символов, индикаторных лампочек и приборов с освещенными шкалами.

В конструировании мнемосхем, использующих технику боковой подсветки, важно проверить условия распространения света в пластмассовых светопроводящих средах. Следует предусматривать перегородки между элементами, чтобы лучи света из подсвечиваемой в данный момент части схемы не попадали в другие. При этом важно располагать лампочки таким образом, чтобы различные части мнемосхемы освещались равномерно. Если невозможно поместить лампы в положение, наиболее соответствующее этому требованию, иногда можно сбалансировать освещение с помощью фильтров.





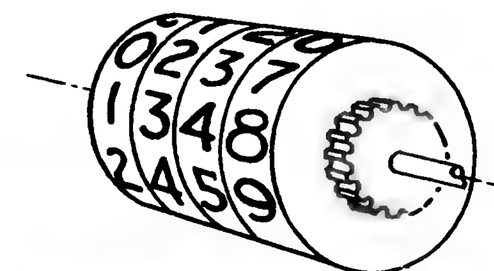
Вырез, заполненный непрозрачной краской, образует световой барьер

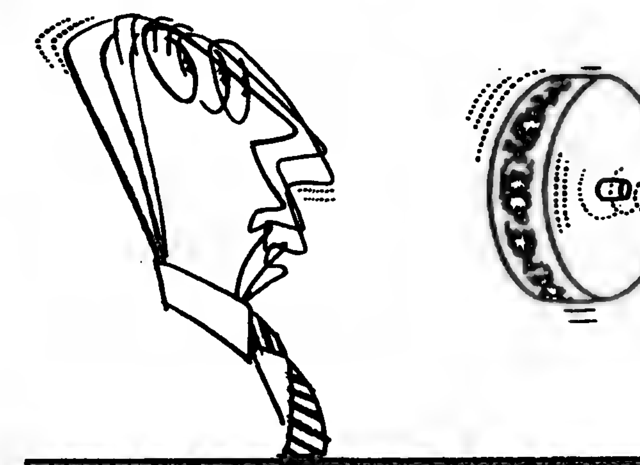
ЦИФРОВЫЕ ПРИБОРЫ

Цифровые приборы рекомендуется применять, когда оператору нужна точная количественная информация. Тогда оператор может быть избавлен от визуальных оценок положения стрелок относительно шкал и вынесения решений в условиях некоторой неопределенности, часто возникающей в сложных системах индикации. Цифровые приборы обеспечивают весьма точное и быстрое считывание показаний, если при их конструировании соблюдены определенные принципы.

Существует множество разнообразных типов цифровых контрольно-измерительных приборов, из которых мы рассмотрим лишь небольшую часть, чтобы проиллюстрировать на них проблемы конструирования.

БАРАБАННЫЕ СЧЕТЧИКИ. Эти индикаторы экономичны и надежны, их оцифровку можно сделать исключительно четкой. Они могут приводиться в движение механическим или электрическим путем. По практическим соображениям размеры их обычно невелики, так что расстояние считывания их показаний ограничено (как правило, высота цифр составляет около 6 *мм*). Быстродействие их доходит до 500 *об/сек* для механических счетчиков и 50 *имп/сек* для электрических импульсных счетчиков. Освещение счетных барабанов производится обычно извне, хотя можно освещать их и изнутри, если изготовить их из прозрачной пластмассы.

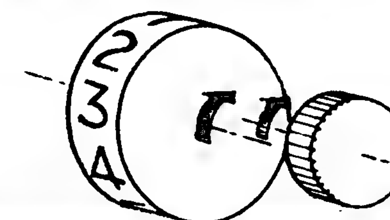




РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ

Цифры должны быстро «заступать» на свое место, но они не должны сменять одна другую быстрее, чем дважды в секунду, если наблюдателю необходимо последовательно считывать все числа.

Движение счетного барабана вверх должно соответствовать возрастанию чисел. Если показания счетчика зависят от перемещений ручного органа управления, движение органа управления по часовой стрелке должно приводить к возрастанию чисел на барабане. Скорость вращения барабана цифрового прибора должна быть такой, чтобы один поворот рукоятки органа управления соответствовал интервалу приблизительно в 50 чисел на счетчике.





Счетчики следует располагать как можно ближе к поверхности панели, чтобы обеспечить максимальный угол зрения и исключить возможность появления тени на отсчетной части барабана.

Сокращайте расстояние между цифрами.

436 — *Предпочтительно*

436 — *Плохо*

Предпочтительно | Плохо

12900 | 12924

425 | 00425

Если последние цифры не имеют существенного значения (т. е. содержащаяся в их показаниях точность не соблюдается), то их следует заменять постоянными нулями. Иной подход рекомендуется для впереди стоящих цифр, которые не требуются оператору в работе; в этом случае соответствующее пространство должно быть пустым.

54 | 54

Предпочтительно | Плохо

Отношение высоты цифр к их ширине для барабанных счетчиков должно быть 1 : 1, а не 3 : 2, как рекомендуется для других контрольно-измерительных приборов. Это объясняется искажениями формы цифр, вызываемыми изогнутой поверхностью барабана.

1385 | 1385

Счетчики всегда должны быть ориентированы так, чтобы их показания читались слева направо. Промежутки между цифрами не должны превышать половину высоты цифры.

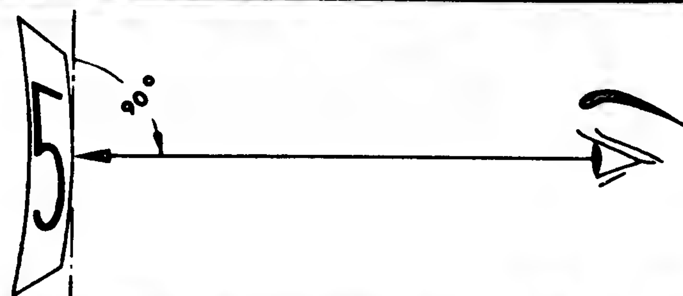
2370,456

Если требуется больше четырех цифр, то следует учитывать, что многозначные числа легче читаются и запоминаются, если они разбиты на группы, разделенные несколько большими промежутками, точками или запятыми.

Предпочтительно | Плохо

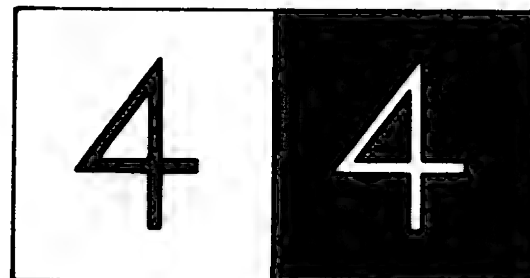
8 | 8

В окне счетчика одновременно должно появляться не более одной цифры.



Ввиду небольшого угла зрения, под которым видны цифры в счетчиках барабанного типа, они должны располагаться перпендикулярно к линии наблюдения.

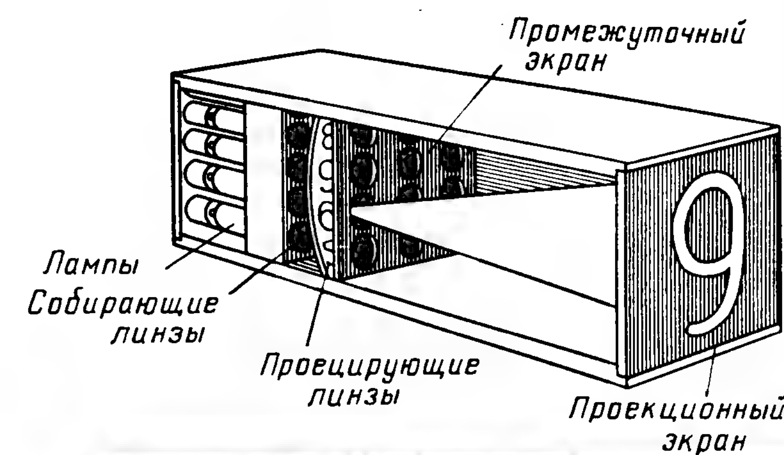
ДНЕМ | НОЧЬЮ



Контраст между цифрой и окружающим фоном следует всегда делать максимальным. Черные цифры на белом фоне при нормальных условиях освещения обеспечивают наиболее четкую видимость. Белые цифры на черном фоне целесообразны, когда требуется поддерживать условия темновой адаптации глаз наблюдателя.

ДРУГИЕ ТИПЫ ЦИФРОВЫХ ПРИБОРОВ

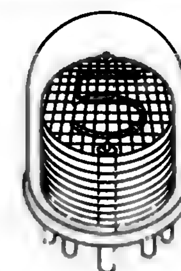
ПРОЕКЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ. Конфигурация цифр для этих приборов может быть выбрана оптимальной. В отношении максимально допустимого расстояния считывания и минимального угла зрения этот тип также превосходит большинство других. Имеются проекторы, дающие высоту цифр около 100 *мм*, причем могут быть легко получены и еще большие размеры цифр. Скорость смены цифр зависит от способа включения ламп. Средний срок службы лампы равен примерно 3000 *час*.



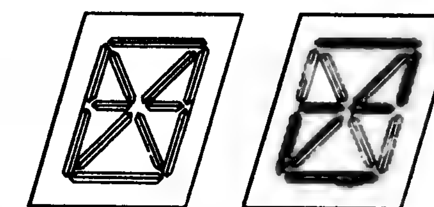
ЦИФРОВЫЕ ПРИБОРЫ С БОКОВОЙ ПОДСВЕТКОЙ. Конфигурация цифр достаточно хороша, однако угол зрения ограничен вследствие эффекта от сложенных вместе пластин. Главные недостатки: уровень общего освещения должен быть относительно низким, чтобы обеспечить необходимый контраст между светящимися цифрами и общим фоном панели. Кроме того, лампы периодически требуют замены. Надежное восприятие показаний прибора возможно вплоть до расстояний порядка 9 *м*, но при применении особых приемов гравирования это расстояние может быть еще повышено.



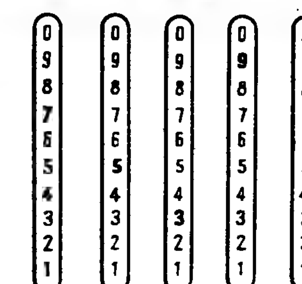
ЭЛЕКТРОННЫЕ МНОГОКАТОДНЫЕ ЛАМПЫ. Инженерно-психологические данные этих ламп сходны с аналогичными характеристиками цифровых приборов с боковой подсветкой. Такие индикаторы с неоновым наполнением служат до 60 тыс. часов, а их показания могут читаться на расстоянии до 9 *м* и под углом до 120°. Частота смены показаний может доходить до 100 за одну миллисекунду. Следует экранировать лампу от окружающего освещения, чтобы избежать появления бликов на ее изогнутой поверхности.



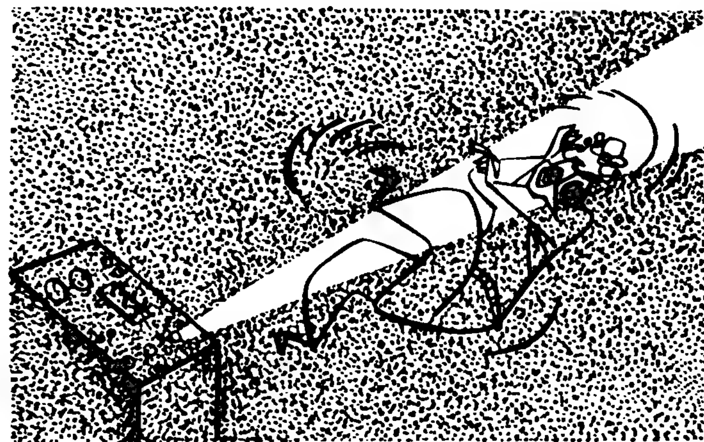
МАТРИЧНЫЕ ЦИФРОВЫЕ ПРИБОРЫ. Имеются разнообразные типы приборов, в которых цифры образуются с помощью специальных матриц. В некоторых из них используются лампы, помещаемые в мозаичные шаблоны, в других используются электролюминесцентные секции для образования нужной цифры. Вообще такие приборы, как правило, обладают недостаточной четкостью цифр, и их применение не рекомендуется с точки зрения требований инженерной психологии.

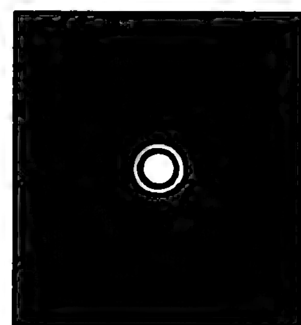


ДЕСЯТИЧНЫЕ НАБОРЫ. Как правило, не рекомендуются из-за трудности считывания показаний и большой вероятности ошибок.



ИНДИКАТОРНЫЕ ЛАМПЫ

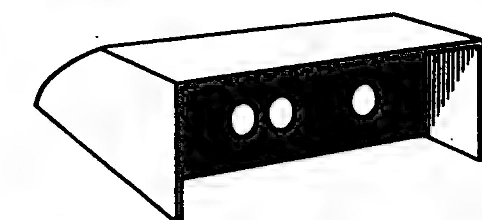


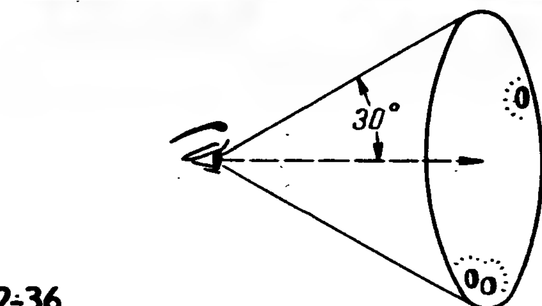


Панельная лампа



Сигнализирующее устройство





Простые сигнальные лампы могут быть использованы для указания определенных условий протекания рабочей операции. Например:

НОРМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ,
НЕРАБОЧЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ,
НАРУШЕНИЕ,
АВАРИЯ.

Кроме того, индикаторные лампы с выгравированными цифрами или надписями можно использовать для подачи команд или количественной информации. Их часто называют световыми сигнальными элементами.

Яркость свечения является основной характеристикой световых сигнальных элементов. Лампы, которые должны немедленно привлекать к себе внимание, должны быть по крайней мере в два раза ярче окружающего их фона. Фон должен быть темным и контрастировать с лампой по цвету и фактуре. В случае, если основная площадь панели светлого цвета, условия восприятия сигнальной лампы можно улучшить, окрасив небольшую площадь вокруг лампы в темный матовый цвет. Если необходимо поддерживать состояние темновой адаптации, надо предусмотреть регулирование интенсивности света сигнального элемента.

Сигнальные лампы обычно достаточно эффективны даже при небольших размерах. Цвет и яркость являются их самыми важными параметрами. Стандартными цветами для авиационных индикаторов являются:

НОРМАЛЬНО: зеленый,
ВНИМАНИЕ: желтый,
АВАРИЯ: красный.

Как правило, следует избегать совместного применения цветов, которые легко можно спутать, например красного и оранжевого, пурпурного и синего и т. д.

Даже самая мощная сигнальная лампа не может состязаться по яркости с прямым солнечным светом, поэтому сигнальные элементы следует помещать в затемненном месте или защищать специальным козырьком.

Мигающий свет очень хорош для привлечения внимания. Рекомендуется частота мигания от 3 до 10 раз в секунду с продолжительностью свечения по крайней мере 0,05 *сек*.

Важные ламповые индикаторы должны располагаться в пределах 30° от нормальной оси зрения, чтобы обеспечить надежное обнаружение появившегося сигнала.

Сигнальные элементы на панелях обычно сопровождаются надписями. Если условия окружающего освещения достаточны, надписи не следует помещать на самих лампах. Если же индикатор находится в темноте, обозначения следует давать прямо на индикаторных лампах. Если индикатор обозначает серьезное нарушение, надпись должна быть темной, а фон — светлым, чтобы сделать яркость всего индикатора максимальной. В то же время для индикаторов, сообщающих обычную информацию, рекомендуется светлая надпись на темном фоне.

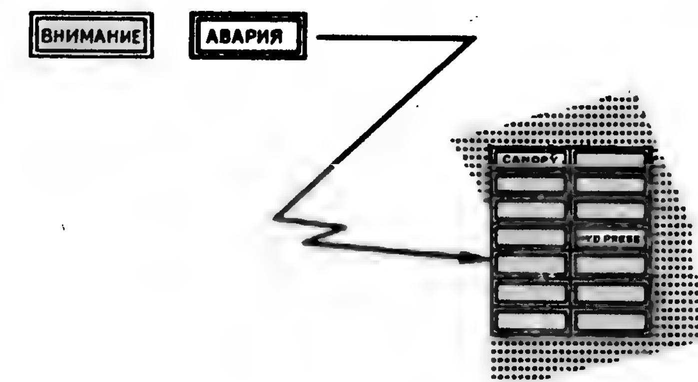




ОПРЕДЕЛЕНИЯ

АВАРИЯ — возникновение угрожающих условий, требующих немедленного вмешательства оператора.
НАРУШЕНИЕ — возникновение отклонений режима от нормы, не требующее немедленного вмешательства.

Часто на панели не хватает места для всех индикаторов, сообщающих о нарушениях в системе. В этих случаях рекомендуется на видном месте панели вблизи к нормальной зрительной оси поместить одно главное световое табло «Авария» и одно главное табло «Нарушение» («Внимание»), а уточняющие индикаторы сгруппировать в другом месте.



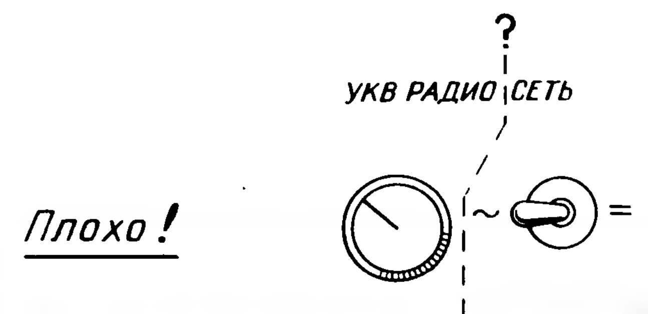
ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Не используйте большего числа ламп, чем это необходимо. Способность индикаторных и аварийных ламп привлекать внимание понижается, когда их количество возрастает, особенно, если лампы выполняют маловажные функции. Например, если нормальное положение «включено» легко определяется человеком по звуку или по движению счетчика, нет необходимости в соответствующей индикаторной лампе. С другой стороны, когда пилот смотрит на панель радиотехнической аппаратуры, где имеется несколько каналов связи, наличие ламповых индикаторов помогает ему определить, какие каналы находятся в действии.

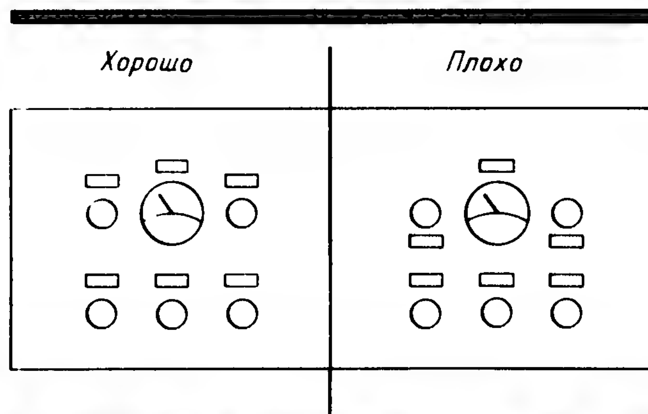
В ответственных индикаторах следует всегда использовать систему спаренных ламп. Должно быть также предусмотрено средство обнаружения перегоревших ламп.

НАДПИСИ

Неразборчивость или неправильное истолкование надписи оператором может не только замедлить выполнение им рабочей операции, но в некоторых случаях привести к серьезной ошибке. Многие приводимые здесь соображения покажутся читателю очевидными. Однако опыт показывает, что эти факторы нередко игнорируются даже в самом новейшем оборудовании. Поэтому особый совет конструктору: при создании оборудования не рассматривайте надписи как «бельмо на глазу», которое следует ликвидировать или спрятать, чтобы не портить «красоты лица».

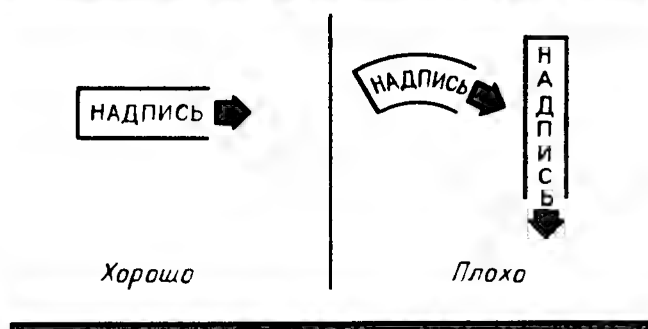


Помещайте надписи там, где они хорошо видны. Старайтесь предугадать возможные затруднения, которые могут возникнуть при чтении их оператором.

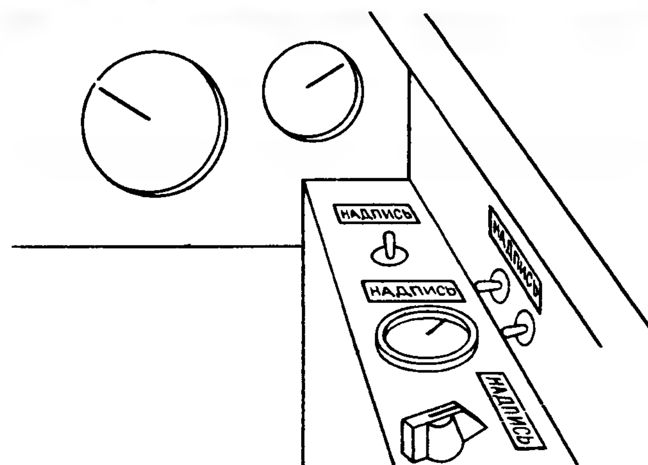


Помещайте надписи вблизи тех элементов, к которым они относятся. Проверьте, не расположены ли две разные надписи настолько близко друг к другу, что одна кажется продолжением другой.

Помещайте надписи единообразно: или под, или над каждым обозначаемым элементом (предпочтительнее — над). Если новое оборудование должно пристраиваться к старому и соответствующие панели управления будут располагаться рядом, согласуйте новую панель со старой, если только старая соответствует основным современным требованиям. В противном случае надписи старого оборудования должны быть модернизированы.

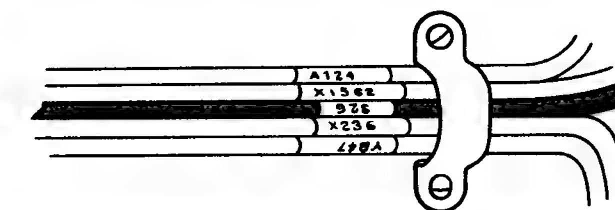


Вертикальное написание следует использовать только в редких случаях, когда надписи нужны лишь для начального ознакомления, а не как обозначение части рабочей операции. Избегайте изогнутого начертания надписей.

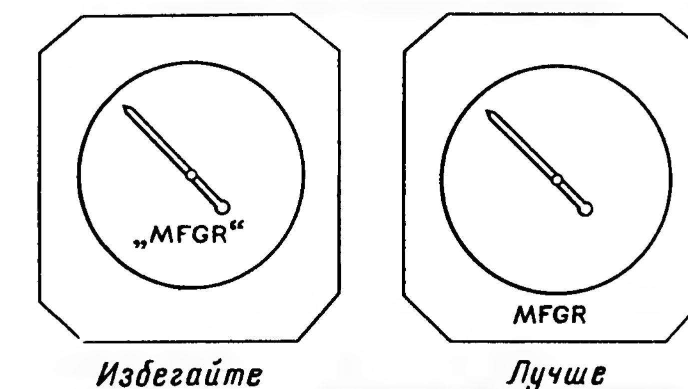


Все надписи должны быть ориентированы горизонтально относительно предполагаемой линии зрения. Если надписи надо поместить на низких боковых пультах, проверьте их читаемость, имея в виду различные положения оператора. Например, если пилоту приходится поворачивать голову, чтобы прочесть надпись, ее можно ориентировать сообразно с предполагаемым положением оператора.

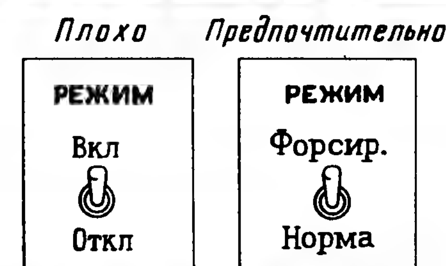
Планируя маркировку электрических проводов, примите меры, чтобы буквы и цифры после окончательной сборки не оказались в перевернутом положении.



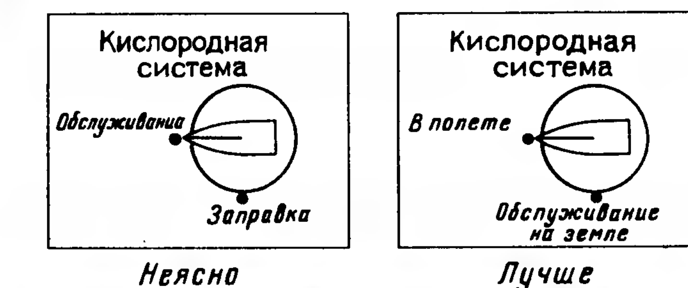
Довольно часто случается так, что, хотя надписи были ориентированы правильно при изготовлении отдельных деталей, они оказываются в положении «вверх ногами» после сборки.



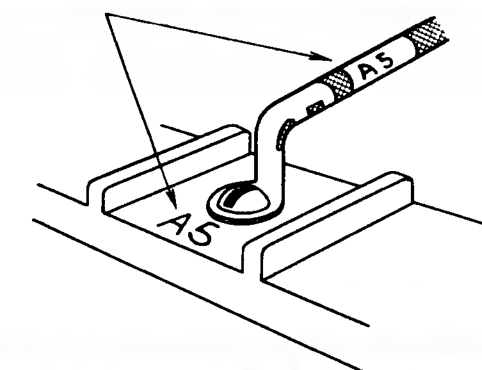
Если надписи расположены на индикационном поле прибора, они не должны отвлекать оператора от чтения более важных цифр и шкал или как-то затемнять эти показания. Не помещайте на индикационном поле товарный знак и клеймо изготовителя.



Надписи должны быть максимально краткими и ясными. Они должны содержать наименование измеряемого параметра, а не указывать название прибора, т. е., например, следует писать ВЫСОТА, а не ВЫСОТОМЕР. Надписи у органов управления должны четко обозначать их положения (см. пример на рисунке справа).



Избегайте использовать слова, допускающие различное толкование.



Надписи, используемые для маркировки электрических монтажных проводов, должны иметь обозначения зажимов, к которым подсоединяются соответствующие провода, а надписи на зажимах должны соответствовать подключаемому проводу. Тот же принцип относится и к механическим передачам, трубам для перекачки жидкостей, топливопроводам и т. д.

ХОРОШО *плохо*

Все надписи, как правило, следует писать заглавными буквами. Используйте простые начертания букв без излишних украшений. Если для выделения отдельных мест текста желательно иметь в одной надписи буквы разной высоты, размер самых маленьких букв должен быть таким, чтобы обеспечить их безошибочное чтение с необходимого расстояния при данном уровне освещенности.

Сокращений следует по возможности избегать. Они допустимы только тогда, когда есть угроза загромождения панели надписями. В этом случае сокращения необходимо согласовать со списком стандартных сокращений. Если вашего слова нет в списке и необходимо сделать новое сокращение, проведите экспериментальное испытание: предложите нескольким неосведомленным лицам попытаться объяснить ваше сокращение и результат сравните с тем, что вы хотели выразить.

КОЛИЧЕСТВО	КОЛИЧ.	КОЛ.
(Лучше всего)	(Терпимо)	(Плохо)

Отношение высоты к ширине букв в надписях может варьироваться. Во многих случаях это желательно делать с целью выделения особо важных слов. Вариативность указанного отношения должна быть ограничена приблизительно пределами от 5:3 до 1:1, а ширина штриха — от 1/8 до 1/6 высоты букв (более тонкий штрих используется в более узких буквах).

РУКОВОДСТВО

РУКОВОДСТВО

РУКОВОДСТВО

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РАЗМЕРЫ БУКВ В НАДПИСЯХ

	Расстояние до глаз, *м*	Размеры, *мм*	
		важные надписи	обычные надписи
Для освещения, меньшего чем 1 *футоламберт**	0,7	4—8	2,5—5
	1	5—10	3,3—6,6
	2	10—20	6,6—12
	6	33—65	22—43
Для освещения, большего чем 1 *футоламберт*	0,7	2,5—5	1,2—4
	1	3,3—6,6	1,5—4,5
	2	6,6—12	3,3—10
	6**	22—43	11—33

К важным надписям относятся наименования органов управления и обозначения их положения, к обычным надписям — обозначения приборов, обычные инструкции, а также указания, которые нужны лишь для первоначального ознакомления.

* 1 футоламберт — яркость поверхности, испускающей с одного квадратного фута полный световой поток в 1 люмен, распределенный в пространстве по закону Ламберта.— *Прим. ред.*

** Для бо́льших расстояний считывания применима формула:
Высота буквы (*мм*)=Расстояние считывания (*мм*) × 0,005.

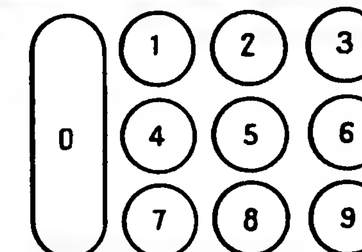
НАДПИСИ К ОРГАНАМ УПРАВЛЕНИЯ

Где только возможно, надписи должны делаться на самих органах управления. Надписи и знаки, указывающие направления, должны быть всегда правильно ориентированы относительно наблюдателя. Надписи должны быть максимально короткими, но ясными по смыслу. Если у вас есть сомнения насчет ясности надписи, испытайте ее восприятие на людях, незнакомых с назначением органа управления. Если из-за ограниченности места необходимы сокращения в словах, пользуйтесь только общепринятыми сокращениями.

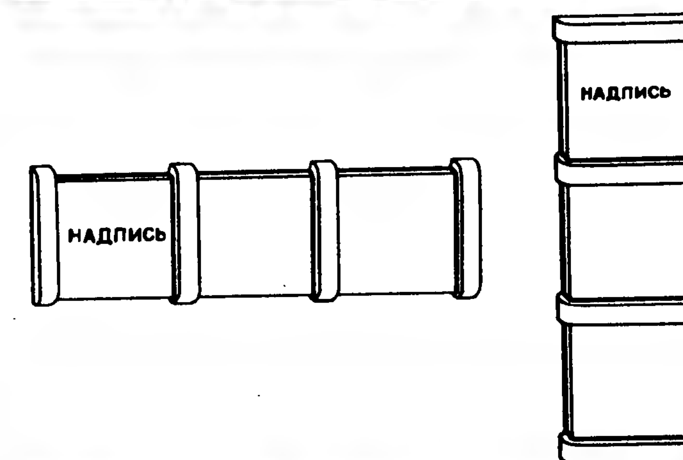


Предпочтительно!

Оцифрованные кнопки следует располагать в соответствии с привычным представлением о нарастании чисел. Справа приведен пример удачного расположения цифр.



Часто конструиторы, употребляя наборы нажимных клавиш, забывают указать, как должны располагаться надписи у них. Как показано на иллюстрации, надписи всегда следует располагать горизонтально, независимо от того, расположены ли клавиши горизонтально или вертикально.

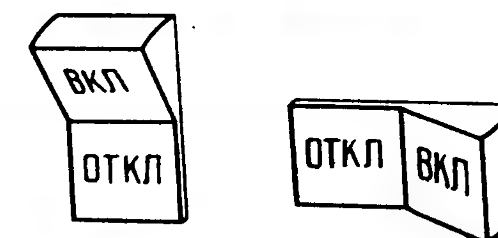


Избегайте использования на органах управления абстрактных символов, поскольку они обычно требуют дополнительного объяснения.

Надписи, выгравированные на органах управления, например на кнопках, могут быть забиты грязью, в результате чего их четкость сильно понижается. Поэтому гравировку следует заполнять краской или наносить на нее светлое пластмассовое покрытие.

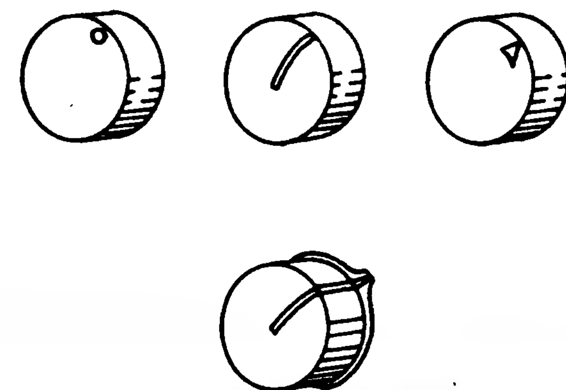


Специальные двухпозиционные органы управления следует снабжать надписями сообразно с правилами психологической совместимости: нажатие вверх или направо соответствует состоянию «включено», вниз или налево — состоянию «отключено».

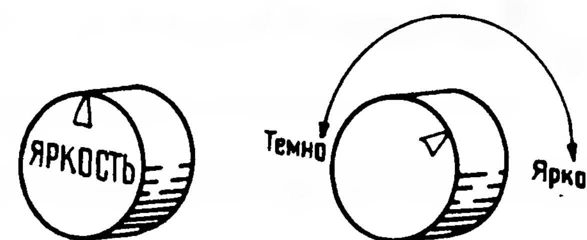


Если органы управления слишком малы для расположения надписей непосредственно на них, помещайте надписи по возможности ближе к ним и обеспечьте единообразное их размещение у всех органов управления на панели, т. е. помещайте все надписи либо сверху, либо снизу.

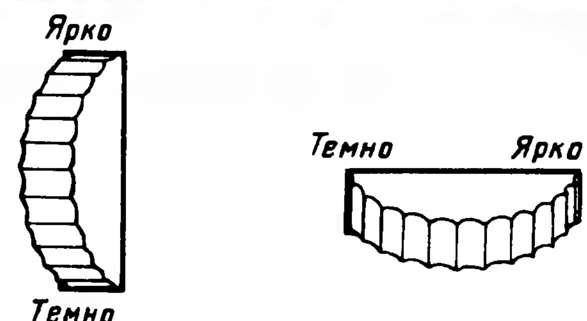




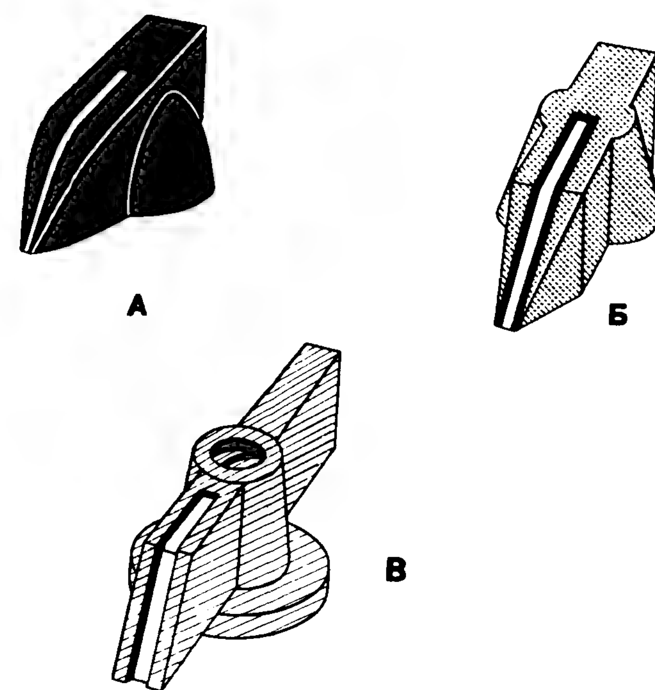
Даже если органы управления не требуют точной установки (реостат и т. п.), желательно предусмотреть указание их положения. Все формы указателей, представленные на рисунке слева, одинаково хороши для этой цели. Там, где требуется бо́льшая точность, следует выгравировать (и заполнить контрастным пигментом) линию на верхней и боковой поверхностях кнопки, как показано на нижней иллюстрации.



Оба показанных слева способа пригодны для маркировки органа непрерывной настройки, однако второй предпочтительнее при условии, что для этого есть достаточно места.



Некоторые типы органов управления, такие, как рифленые диски для настройки, по своей конструкции не позволяют помещать на них надписи и указатели направления. В этих случаях надписи следует располагать, как показано.



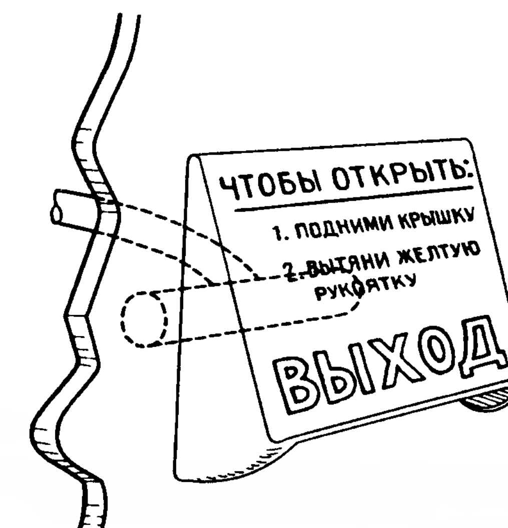
Указатели положения переключателей черного или темного цвета (*А*) должны иметь контрастную белую метку, обозначающую ось указателя. При этом протяженность метки не должна превышать половины длинной стороны переключателя, считая по его внешней поверхности.

Указатели положения переключателей светлого цвета (*Б*) должны иметь белую метку, обведенную черной каймой, чтобы обеспечить достаточный контраст между основным (светлым) тоном ручки переключателя и белой меткой.

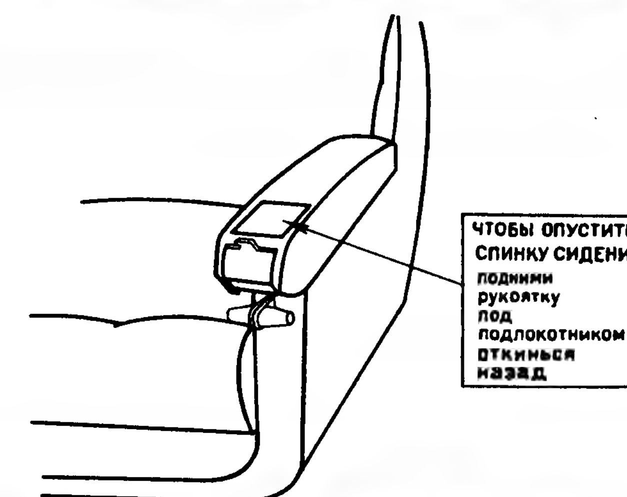
Некоторые переключатели, предназначенные для военных целей (*В*), снабжаются указывающими метками, выполненными в виде вставок, окрашенных в белый цвет или заполненных фосфоресцирующим пигментом. Если вставка слишком заглублена, видимость метки может сильно ухудшиться из-за параллакса. В этом случае необходимо уменьшить заглубление или полностью залить вставку краской.

УКАЗАНИЯ НА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

Когда требуется указать последовательность рабочих операций, как в примере, показанном справа, может потребоваться указание предварительных операций, выполняемых до переключения данного органа или относящихся к другим органам управления. При поиске наилучшего способа выражения таких указаний следует учитывать различные факторы. Прежде всего помните о необходимости надлежащего освещения. В приводимом примере рукоятка под щитком окрашена в ярко-желтый цвет, а надпись вынесена на щиток, так как может оказаться слишком мало света, чтобы разобрать надписи на рукоятке. Прежде чем принять окончательное решение, сделайте макет устройства и проверьте на различных людях выполнение нужной операции в реальных условиях освещения и времени.



Некоторые органы управления неизбежно приходится располагать там, где они при обычных условиях не видны оператору. В этом случае указание должно быть расположено на видном месте. Избегайте искушения обойти эту необходимость из-за так называемых эстетических соображений!

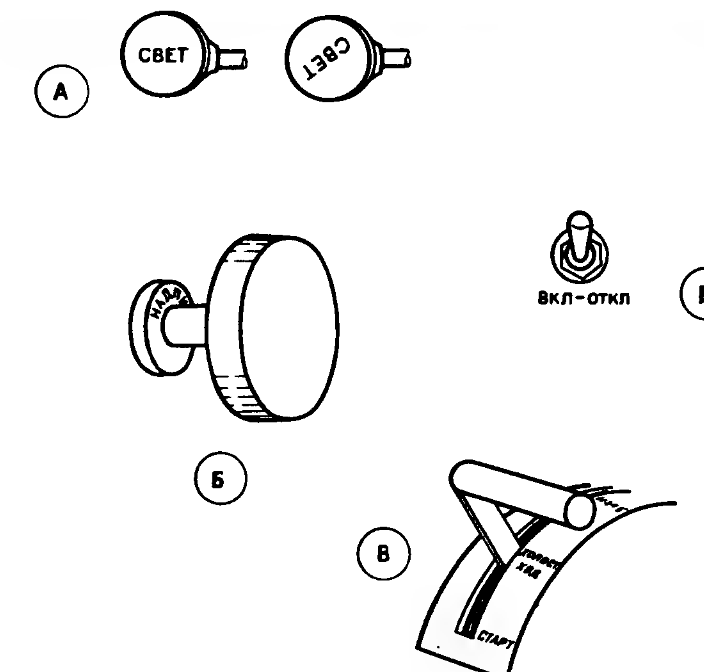


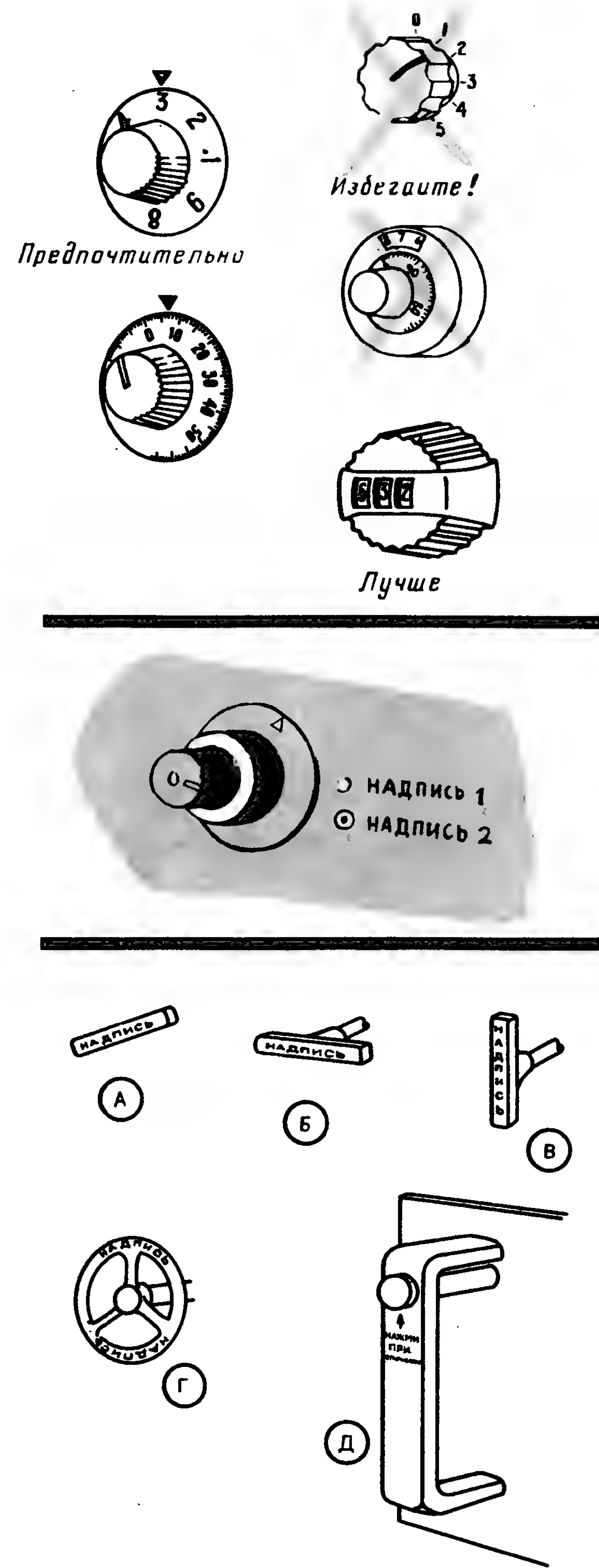
ОБЫЧНЫЕ ОШИБКИ, КОТОРЫХ СЛЕДУЕТ ИЗБЕГАТЬ

На вращающихся ручках управления (*А*) надписи оказываются в перевернутом положении.

Надписи на гнездах иногда не видны, потому что главные ручки управления загораживают их от наблюдателя (*Б*, *В*).

Надписи, расположение которых не совместимо с направлением движения и положениями органа управления (*Г*).





Хотя индикаторов с движущимися шкалами, как правило, следует избегать, они, несомненно, иногда будут употребляться. Если органы управления работают дискретно (т. е. переходят ступенчатым образом из одного положения в другое), числа, обозначающие их фиксированные положения и нанесенные на вращающейся ручке, должны возрастать справа налево. Это будет соответствовать привычному представлению о том, что поворот ручки вправо ведет к возрастанию регулируемого параметра.

Если, однако, требуется более точная установка (как показано на рисунке слева), числа должны возрастать слева направо, что облегчает интерполяцию значений на неоцифрованных делениях шкалы.

Заметьте, что цифры ориентированы вертикально относительно указателя положения. Наиболее предпочтительно положение указателя на «12 часов», однако в особых случаях указатель может быть расположен и по-иному. Когда используются другие положения указателя, помните о необходимости изменения ориентации чисел.

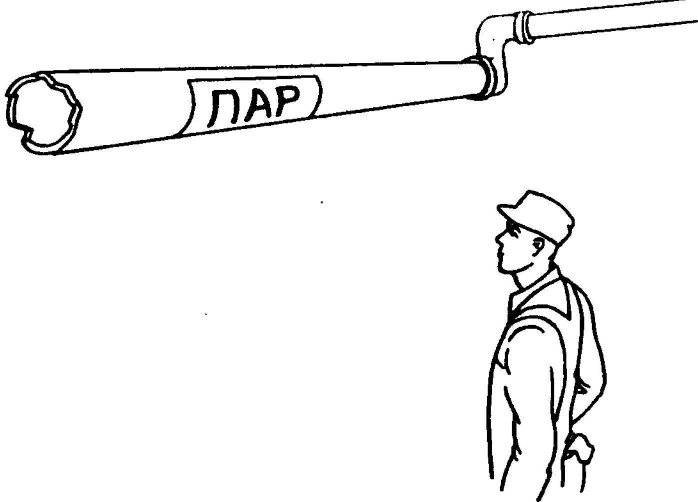
Специальные совмещенные ручки трудно маркировать из-за недостатка места. Чтобы избежать путаницы, нанесите круглое пятно в центре меньшей ручки и закрасьте ободок большей ручки. Аналогичные символы на панели указывают функции каждой ручки. Использование разных цветов повысит надежность различения обоих условных обозначений.

Тяговые ручки иногда трудно надписывать. Ручка *А*, вероятно, будет располагаться слева от оператора. Ее положение под 45° к вертикали облегчает захват. Если бы та же ручка, имеющая наклон 45° к вертикали, была справа от оператора, надпись оказалась бы перевернутой («вверх ногами»). Надпись на ручке *Б* выполнена в наиболее предпочтительном варианте. Надпись на ручке *В* расположена вертикально. Это решение допустимо только как вынужденное, если на панели нет места для горизонтальной надписи.

Когда надписи располагаются на вращающихся органах управления, желательно повторять надпись на противоположной стороне, как показано в случае *Г*.

Указания для специальных узлов должны быть правильно ориентированы относительно наблюдателя, как показано в случае *Д*.

NataHaus



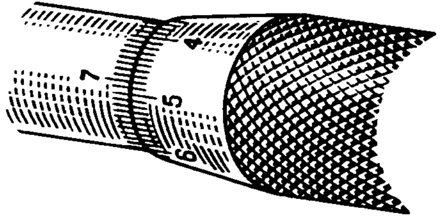
Надписи или знаки на круглых поверхностях, например на трубах, следует делать так, чтобы части букв не оказались скрыты от наблюдателя из-за кривизны поверхности.

РАЗМЕРЫ БУКВ ДЛЯ НАДПИСЕЙ НА ТРУБАХ РАЗНЫХ ДИАМЕТРОВ*

Внешний диаметр трубы, мм	Рекомендуемая высота буквы, мм
19	12
38	19
62	22
88	31
110	38
150	44
175	50
200	62
250	75
300	85

* По данным Американской ассоциации стандартизации.

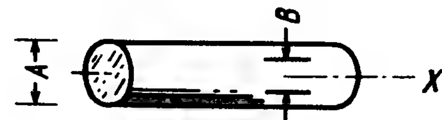
Выпуклые поверхности металлических инструментов и органов управления, на которых выполняется гравировка, следует анодировать, чтобы снизить их блескость. При обычных условиях освещения шкала или надписи на блестящей поверхности совершенно неразличимы.



A диаметр сечения, *мм*	*B* высота буквы, *мм*	Глубины у точек *B*, *мм* (глубина у точки *X* : 0,08 *мм*)
3	0,4 0,8	0,08 0,16
5	0,8 1,2 1,6	0,16 0,22 0,35
6	0,8 1,2 1,6 2,0	0,12 0,16 0,26 0,4
7	1,2 1,6 2,0	0,16 0,22 0,32
9	1,6 2,0	0,2 0,28
10	1,2 1,6 2,0 2,4	0,15 0,18 0,25 0,32
12	1,0 2,0 2,4	0,16 0,23 0,29
15	2,0 2,4 2,8	0,2 0,25 0,31
18	2,4 2,8	0,21 0,3
21	2,8 3,2	0,25 0,3
25	2,8 3,2	0,23 0,25
28	4,0 3,2	0,35 0,24
31	3,2 4,0	0,23 0,34
34	3,2 4,0	0,22 0,3
37	3,2 4,0	0,21 0,27
40	3,2 4,0	0,18 0,25
43	3,2 4,8	0,21 0,32
46	3,2 4,8	0,16 0,3
50	3,2 4,8 6,4	0,15 0,29 0,47

На шлифованных или полированных круглых поверхностях металла маркировка глубиной 0,08 *мм* ясно заметна. Однако применимость этой минимальной глубины штамповки с точки зрения читаемости маркировки зависит от отношения диаметра этой поверхности к размеру знака, который на ней штампуется.

Прилагаемая таблица, составленная американским Институтом маркировки стальных инструментов, может служить справочным материалом при необходимости определить, когда круглая поверхность должна маркироваться вогнутым штампом и когда можно использовать плоский штамп.



Черные буквы на белом фоне делают надпись наиболее четкой. Однако и другие сочетания могут в определенных случаях оказаться желательными (например, красные буквы на белом фоне — для надписи или знака «ПОЖАР»). Могут быть также и другие причины, требующие применения светлого цвета для написания букв (например, когда общий темный фон помогает поддержанию высокого уровня темновой адаптации у наблюдателя).

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЧЕТКОСТЬ СОЧЕТАНИЙ ЦВЕТОВ ПРИ ОТРАЖЕННОМ СВЕТЕ

Оценка четкости	Цветовая комбинация
Очень хорошо	Черные буквы на белом фоне
Хорошо	Черные на желтом Темно-синие на белом Зеленые на белом
Удовлетворительно	Красные на белом Красные на желтом
Плохо	Зеленые на красном Красные на зеленом Оранжевые на черном Оранжевые на белом

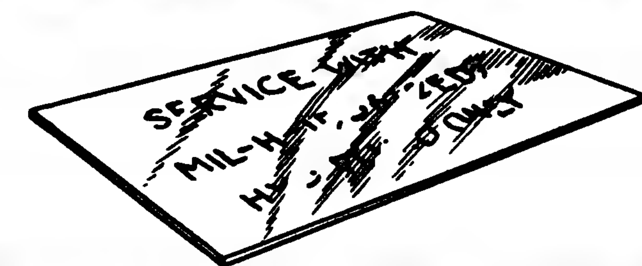
Исключениями из приведенной выше шкалы относительной четкости цветовых сочетаний являются надписи, освещаемые сзади, сбоку или самосветящиеся (например, электролюминесцентные). Однако необходимо стараться приспособить интенсивность такого освещения надписей к общей освещенности. Следует помнить, что при слишком высокой интенсивности светлых цветов условия их восприятия и дифференцировки могут ухудшиться. Кроме того, важно сбалансировать яркость надписей на панели или, скажем, в ближней зоне кабины самолета или другого транспортного средства так, чтобы, когда пилот или оператор, нуждаясь в темновой адаптации, снижает мощность всей осветительной системы, самый яркий участок не ослеплял его. Если яркость подсвета надписей и приборов предварительно не сбалансирована, оператор может случайно понизить интенсивность некоторых сигналов ниже порога видимости!



Надписи, предупреждающие об опасности, можно обводить рамками, более заметными, чем обычные надписи. Но это следует делать с чувством меры. Каждое успешное выделение одной части панели снижает эффективность восприятия других ее частей.



Употребляйте такие способы нанесения надписей, при которых буквы не обдираются и не стираются в процессе эксплуатации. Избегайте пользоваться шаблонами и трафаретами. Выгравированные буквы следует заполнять краской или защищать каким-либо иным способом от загрязнения. Даже обычная чистка оборудования загрязняет открытую гравировку и ухудшает читаемость надписи.



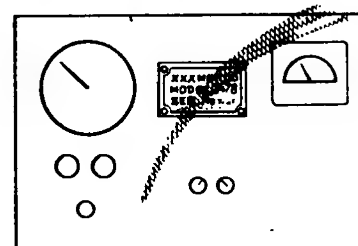
Ввиду важности обеспечения оборудования правильными надписями конструктор должен проводить испытание каждой из них. Цель испытания — удостовериться в том, что любой наблюдатель поймет надпись так, как она была задумана. Кроме того, если предвидятся какие-то затруднения в чтении надписей из-за недостаточного освещения, рекомендуется изготовить макет и проверить его в условиях предполагаемого освещения. Это особенно важно в отношении надписей, предназначенных для персонала, осуществляющего уход за оборудованием и его ремонт, поскольку в этих случаях дополнительное освещение, как правило, не бывает оптимальным.

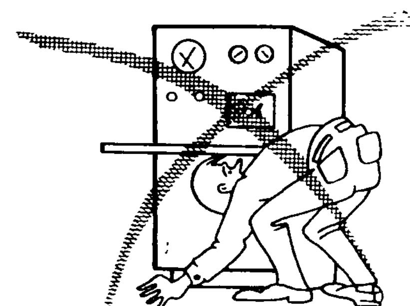


ЗНАКИ, ТАБЛИЧКИ, ИНСТРУКЦИИ

Основные практические принципы, рекомендуемые для надписей, в равной мере применимы и для знаков, табличек и инструкций. Между тем конструктор очень часто не осознает необходимость применять рекомендованные принципы также и к этому виду индикаторов. Рекомендации, приводимые ниже, основаны на анализе типичных ошибок, встречающихся в знаках и инструкциях, предназначенных как для оборудования, так и для промышленных и общественных зданий и указателей на дорогах.

Плохо	Хорошо
Для аварийного катапультирования сбрось фонарь кабины, нажми на рукоятку сброса, поставь пятки на подножки, подними оба подлокотника до горизонтального положения, выпрямись, нажми на спусковой крючок для катапультирования сидения	ДЛЯ ВЫБРОСА ● Сбрось фонарь ● Ноги в стремена ● Подними подлокотники ● Выпрямись ● Нажми на спуск
ЗАПРАВЛЯЙ MIL-H-5606	ЗАПРАВЛЯЙ MIL-H-5606 (красная жидкость)
ОПАСНОСТЬ не трогай вентиль, пока не выйдет ВЕСЬ ГАЗ	ОПАСНОСТЬ не трогай вентиль, пока не выйдет весь газ, иначе вентиль может ударить





ОБОРУДОВАНИЕ

Тексты инструкций должны быть возможно более краткими, однако при этом недопустимо искажение сообщаемой информации. По возможности избегайте сокращений. Если сокращения необходимы для экономии места, используйте общепринятые сокращения. Если необходимо создать новые сокращения, испытайте их на людях, для которых они предназначены.

К спецификации оборудования прилагайте и инструкцию по обращению с ним. Не заставляйте оператора терять время на отыскание инструкции в справочнике.

Учитывайте важность соблюдения инструкции. Если результаты несоблюдения инструкции трудно предсказать, рассматривайте ее как предупреждающую об опасности.

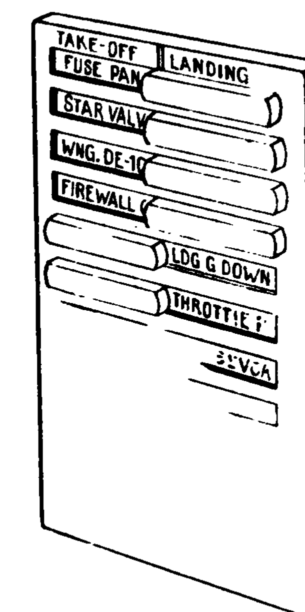
Таблички с характеристиками оборудования следует располагать в местах, где их не будут путать с надписями и инструкциями, относящимися к рабочей операции. Номера и серии оборудования должны располагаться в местах, где снабженцы, транспортники и ремонтники смогут быстро и легко найти их, и так, чтобы при этом не требовалось снимать панели для прочтения надписи.

Всякие описания легче читаются, если они написаны как обычно прописными и строчными буквами. Однако все важные заголовки должны быть выделены прописными (заглавными) буквами.

Знаки, указывающие различные «состояния», такие, как «занято», «пристегнуть ремни», «не курить» и т. д., не следует делать полностью невидимыми в выключенном состоянии. Однако разница между отключенным и подсвеченным знаками должна быть четкой.

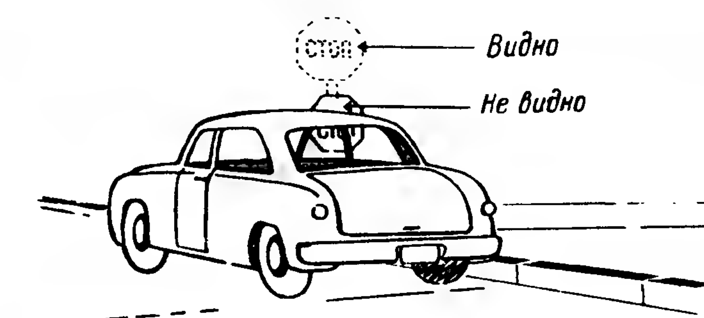
ПАМЯТНЫЕ ЛИСТКИ ОПЕРАТОРА

Операторы сложного оборудования могут легко забыть выполнить определенные части своего задания, поэтому иногда необходимо соответствующее напоминание. Типичным примером является контрольный список действий пилота самолета, который обычно вывешивается в кабине. Помимо того, что контрольный список должен быть удобно расположен, хорошо виден и удобочитаем, надо снабдить оператора также каким-то методом, который позволил бы ему удостовериться в том, что он сделал все, что указано в списке. Типичное приспособление, показанное на рисунке справа, служит наглядным напоминанием для пилота, какие действия он уже совершил и какие ему еще необходимо выполнить. На это указывает положение щитков, которые пилот передвигает по мере выполнения операций. Такое приспособление помогает также выполнять действия, входящие сравнительно редко в состав рабочей операции. Сюда относится, например, предостережение не выпускать закрылки при сильном ветре, не включать посадочные огни и т. п. Такие операции должны быть особо выделены в списке.

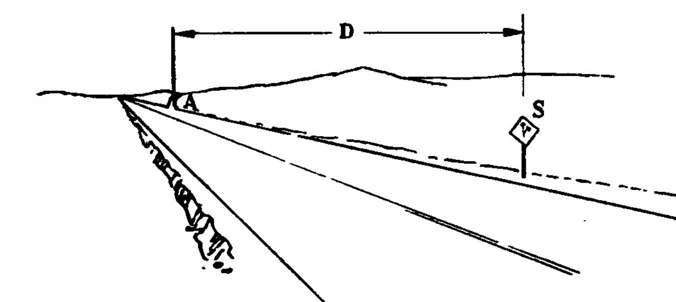


ДОРОЖНЫЕ ЗНАКИ

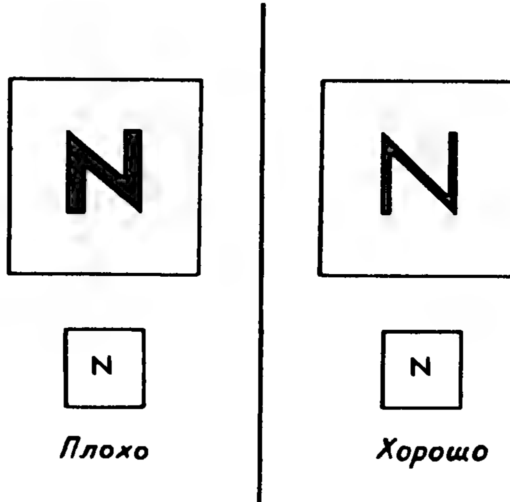
Особого внимания заслуживает выбор места расположения дорожных знаков с учетом возможных помех для их восприятия со стороны других знаков, столбов, стоянки транспорта и т. д. Обстоятельство, которое надо особенно учитывать, — это рекламные щиты, расположенные поблизости от дорожных знаков и сигналов. Во многих случаях реклама обладает гораздо большим привлекающим эффектом, чем дорожные знаки, поэтому последние должны располагаться на достаточном расстоянии от реклам или снабжаться защитными щитами.



Часто промышленное предприятие устанавливает дорожные знаки в пределах своей территории. Необходимо, чтобы эти знаки соответствовали общепринятым стандартам, иначе водитель легко может совершить ошибку, неправильно истолковав такой знак.



Размеры букв и расположение дорожных знаков должны быть соотнесены с расстоянием до места выполнения указываемого маневра и предполагаемой скоростью приближения к этому месту. Водитель должен иметь достаточно времени, чтобы среагировать и выпол-



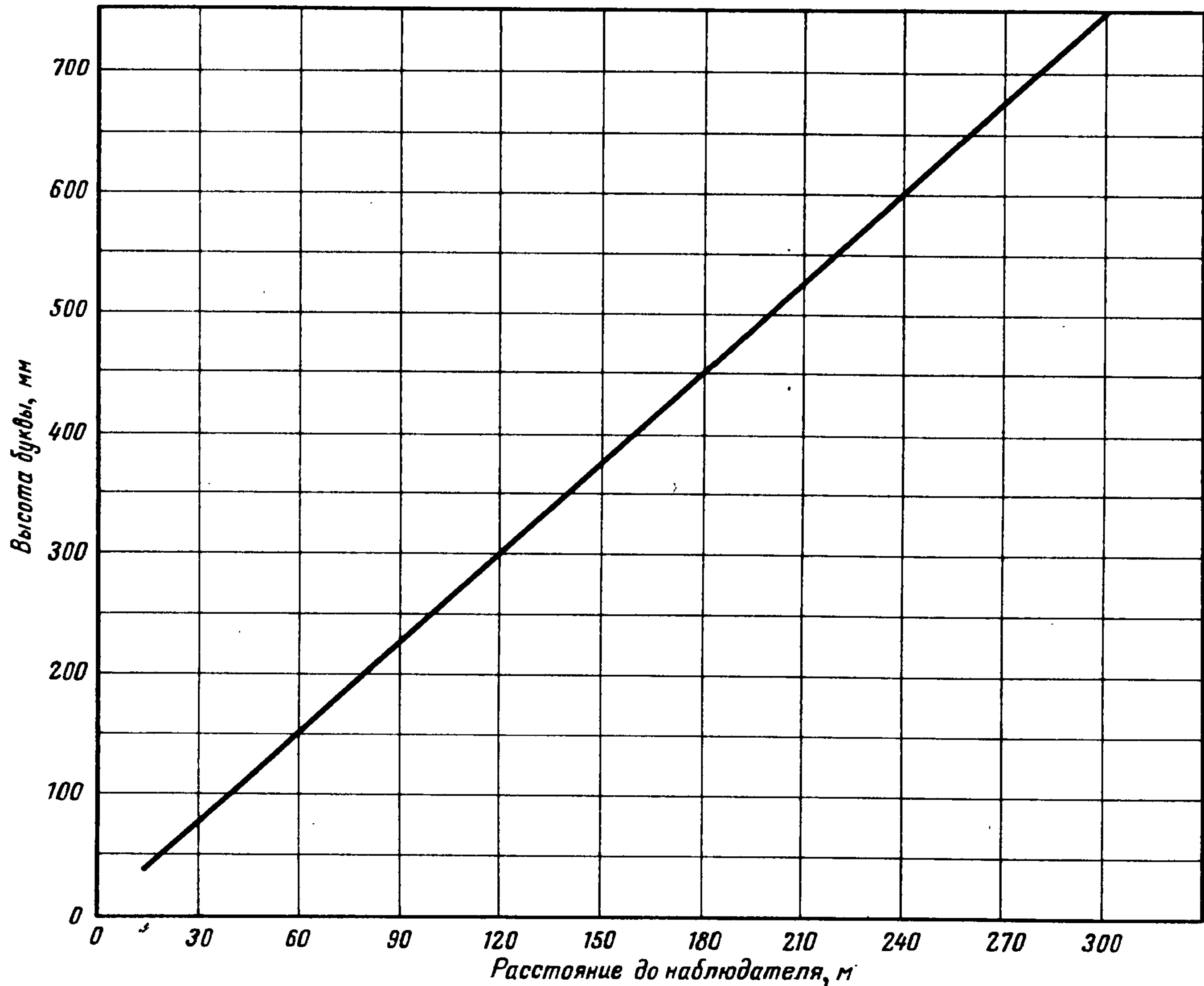
нить соответствующие действия по управлению автомобилем. Для этого знак должен быть воспринят на достаточном расстоянии от места действия.

Весьма распространенная ошибка при создании дорожных знаков вытекает из неверного предположения, будто чем больше знак, тем более жирной должна быть обводка букв. Для обеспечения четкости восприятия дорожных знаков при их создании должны соблюдаться те же правила, которые были сформулированы для приборов и надписей: простота начертания, соответствующее отношение высоты букв к ширине и толщине штриха, оптимальные расстояния между буквами, достаточный контраст между буквами и фоном и рациональное освещение.

Минимальная высота буквы для восприятия на расстоянии 3 *м* равна 8 *мм*. Высота буквы в миллиметрах для больших расстояний может быть подсчитана по следующей формуле:

Необходимая высота буквы (*мм*) = = Расстояние до наблюдателя (*м*) × 2,5.

МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ БУКВ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ

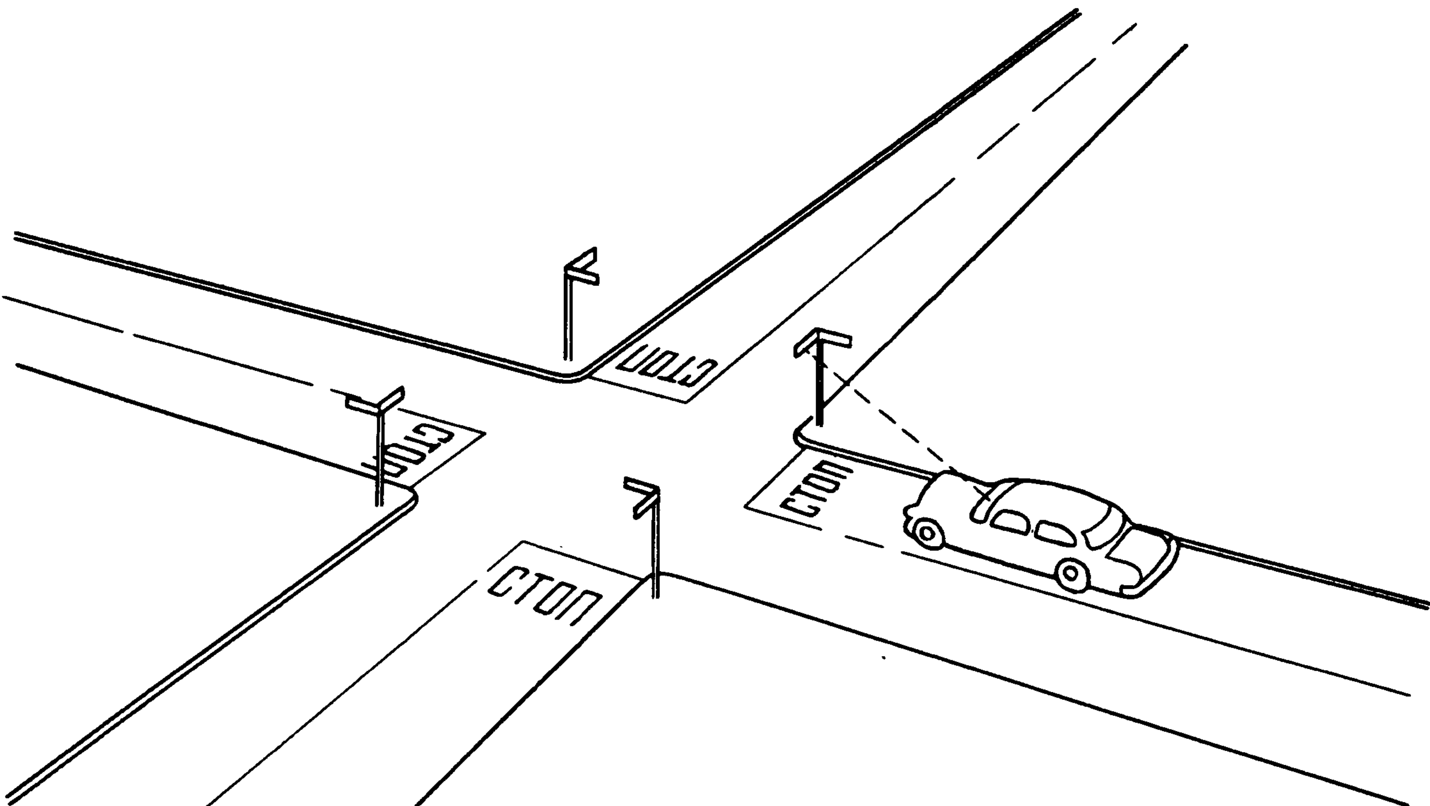


Размеры букв для знаков на главных магистралях должны быть больше, поскольку повышение скорости движения снижает время, имеющееся в распоряжении водителя, чтобы увидеть и прочесть знак. В таблице справа приведены рекомендуемые размеры букв для различных средних скоростей движения. Данные получены с учетом времени, необходимого для того, чтобы водитель увидел и среагировал на знак, указывающий такой типичный маневр, как поворот с шоссе на боковую дорогу.

ВЫСОТА БУКВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ДОРОГЕ

Скорость, *км/час*	Высота буквы, *мм*
25	100
40	150
60	250
90	500
110	750

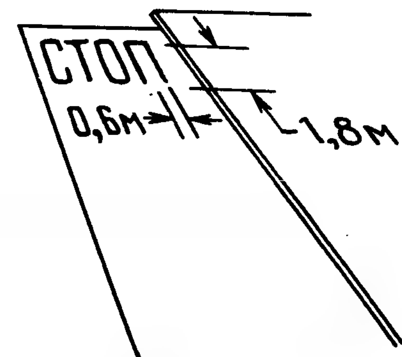
Дорожные указатели должны располагаться так, чтобы водители легко их обнаруживали. Они должны устанавливаться на ближайшем по отношению к подъезжающему автомобилю углу и крепиться на таком месте, где они ничем не загораживаются (см. рисунок). Название улицы должно быть написано на обеих сторонах знака. Знак крепится на такой высоте от земли, чтобы он мог быть виден ночью при общем уличном освещении.



РАСПОЛАГАЙТЕ ДОРОЖНЫЕ ЗНАКИ ТАК, ЧТОБЫ ВОДИТЕЛИ МОГЛИ ИХ ВИДЕТЬ

Используйте черные буквы на белом фоне. Белый фон должен быть самосветящимся.

НАЗЕМНЫЕ ДОРОЖНЫЕ ЗНАКИ



Удлиненные буквы улучшают читаемость наземной надписи с движущегося транспортного средства. Хороший эффект дает увеличение высоты приблизительно в два раза. Дальнейшее изменение еще более сокращает время узнавания.

Добавление волнистой линии со стрелкой на конце, указывающей на слово «стоп», привлекает внимание приближающегося водителя и предупреждает его о близости указателя. При нормальной скорости приближения длина «волнистой стрелки» должна быть от 6 до 9 *м*. Для нерегулируемых дорог и магистралей, на которых разрешены большие скорости, подобные знаки должны дополняться мигающим желтым светом, установленным приблизительно за 250 *м* до пункта остановки.

СТОП

Специальные знаки, вроде тех, которые показаны на рисунке слева, рекомендуются американскими стандартами для опасных пересечений железной дороги с шоссейной.

XX

СТАНДАРТНЫЕ ДОРОЖНЫЕ ЗНАКИ

В дополнение к требованиям надежной читаемости и разборчивости дорожные знаки должны быть стандартизованы. К сожалению, до сих пор еще есть разногласия по поводу того, каковы должны быть эти стандартные знаки.

Среди факторов, которые следует принимать во внимание, отметим различительный цвет и кодирование формой для (1) регулирующих, (2) указывающих, (3) разъясняющих, (4) предостерегающих дорожных знаков.



Дорожные знаки, которые нельзя осветить, следует окрашивать светоотражающей краской. В некоторых случаях буквы на знаках должны делаться из ячеек, которые отражают свет приближающихся автомобилей.

В последние годы была сделана попытка стандартизации дорожных знаков в международном масштабе. Для преодоления языкового барьера были применены простые системы символов. Примеры таких знаков приведены ниже.

Стандартная форма знаков: *Предупреждающих*; *Запрещающих*; *Информирующих*

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ДОРОЖНЫЕ ЗНАКИ

I. Знаки, предупреждающие об опасности

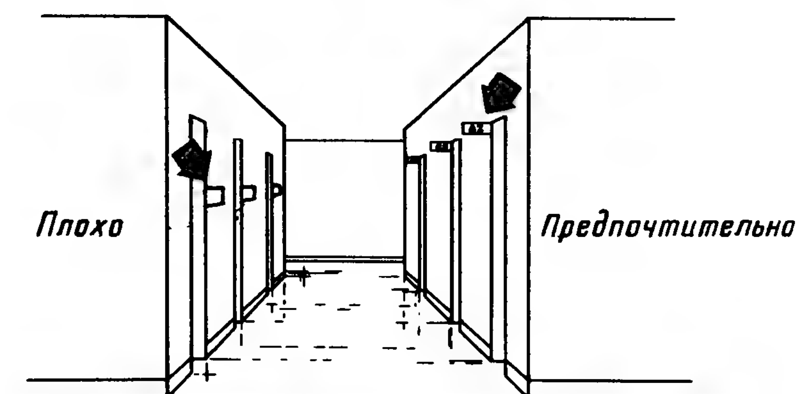


II. Знаки запрещающие



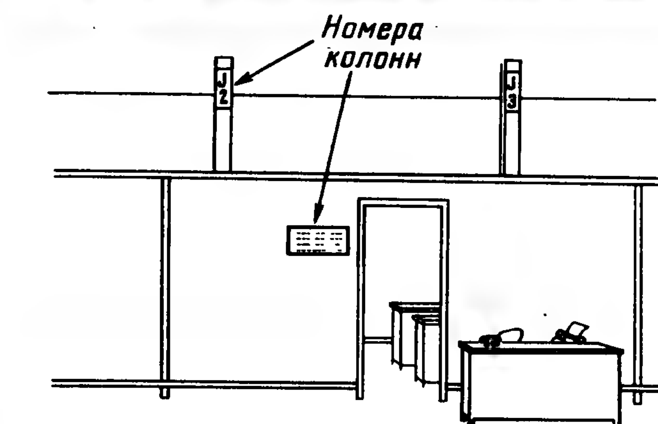
III. Знаки информационные





ЗНАКИ ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Знаки, используемые в коридорах учреждений, должны располагаться так, чтобы они были видны наблюдателю задолго до того, как он подойдет к двери той или иной комнаты. Значительное время часто теряется из-за того, что наблюдатель видит знак, только когда подходит вплотную к двери. Помните, что дверь может быть открыта, поэтому маркируйте дверной проем, а не панель двери.



В ряде крупных промышленных предприятий для обозначения зон используется система нумерации на колоннах. Однако очень часто эти номера впоследствии заслоняются временными перегородками или различной мебелью. Можно сократить время поиска, если номера всех зон в пределах данного сектора указать на плане сектора, расположенном при входе в его пределы. Такой план помогает ориентироваться человеку, ищущему определенный номер.

Знаки экстренного назначения, обозначающие выходы, опасность, предостережение, огнетушитель, пункт первой помощи и т. д., следует устанавливать в соответствии с правилами техники безопасности, определяющими место их расположения, цвет, особое обрамление и т. д. На случай перегорания лампы или выключения сети должна предусматриваться аварийная или резервная система освещения.



ОПТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

Оптические устройства применяются прежде всего для улучшения видимости при очень большом расстоянии от объекта до глаз. В продаже в широком ассортименте имеются телескопы и бинокли, различающиеся как по форме, так и по степени увеличения. В любом случае наблюдение объемных предметов двумя глазами (бинокулярное зрение) предпочтительнее наблюдения одним глазом, так как дает определенное восприятие глубины.

Ввиду ограниченности поля зрения при применении оптических устройств они больше подходят для рассматривания и узнавания объектов, чем для их обнаружения. Условия наблюдения во многом зависят от таких оптических характеристик, как увеличение, контрастность изображения, светосила, разрешающая способность прибора и др. Следует учитывать, что увеличение размеров сопровождается возрастанием относительной скорости движения наблюдаемого объекта, что очень затрудняет удерживание его в поле зрения.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ УВЕЛИЧЕНИЯ

Расстояние, м	Увеличение
900	1—1,5 ×
2700	2—3 ×
4500	3—4 ×
Свыше 4500*	6—8 ×

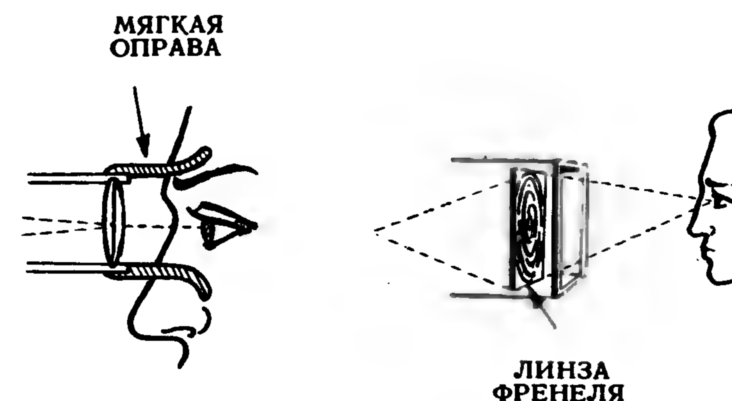
* Помещать на коляске или треноге.

Для опознания объектов такой величины, как самолет, на расстоянии 3000 *м* достаточно увеличения в два раза. Возрастание коэффициента увеличения затрудняет переход от наблюдения невооруженным глазом к наблюдению с помощью оптического устройства. В случае если прибор дает более чем двукратное увеличение, рекомендуется применять специальные приспособления, обеспечивающие хорошую механическую устойчивость как прибора, так и наблюдателя.

Видимость через оптическое устройство зависит от количества пропускаемого им света. Чем больше стекол в оптической системе, тем больше потеря света. Все стеклянные поверхности следует покрывать «просветляющим» слоем, уменьшающим отражение света от поверхности.

Ручные оптические приборы легче в употреблении, чем постоянно закрепленные устройства, поскольку первые дают больше свободы для совмещения оси зрения с оптической осью прибора. Ручные оптические приборы должны весить не больше 0,8 *кг*.

Как правило, рекомендуется применять короткофокусные окуляры. Однако в определенных случаях (например, при тряске в движущемся транспорте и т. п.) такие окуляры могут быть опасны для глаз. Необходимости точного совмещения зрительной оси глаза с осью окуляра можно избежать применением «зонных пластинок», или «линз Френеля». При этом необходима специальная регулировка общего освещения, чтобы компенсировать потерю яркости изображения при применении системы Френеля.



В фокальной плоскости прибора нередко наносятся специальные метки в виде четко различимых линий или сеток. Они служат системой отсчета, относительно которой оцениваются размер и положение наблюдаемого объекта.

При разработке визирных сеток следует:

- обеспечить, чтобы они были видны не только днем, но и ночью;
- уменьшить мешающее действие сетки при наблюдении объекта;
- свести до минимума отвлекающее действие сетки при наблюдении.

Вертикальная и (или) горизонтальная линии обеспечивают постоянную систему отсчета в поле зрения.

Концентрические круги обеспечивают полную двумерную систему отсчета, освобождая наблюдателя от необходимости поворачивать оптический прибор.

Прерывистые линии создают хорошую систему отсчета при минимальной помехе восприятию объекта.

Оцифровку целесообразно применять лишь там, где нужна очень высокая точность. Цифры всегда следует помещать с внешней стороны шкалы, так чтобы шкальные отметки можно было соотнести с объектом.

Желательно иметь приспособление для освещения визирных линий при пользовании прибором ночью. Уровень освещенности должен быть равен приблизительно 0,2 *футоламберта*. Желательно предусматривать специальный орган регулирования интенсивности. С точки зрения темновой адаптации предпочтительнее красный свет, который помогает также отличать визирные отметки от наблюдаемых объектов.

Бинокулярные приборы следует конструировать с переменным расстоянием между окулярами и с регулируемой фокусировкой отдельно для каждого глаза. При возможности ослепления наблюдателя вспышкой используемые оптические приборы должны снабжаться автоматическими светофильтрами, поскольку опасность ослепления увеличивается при применении оптической системы.

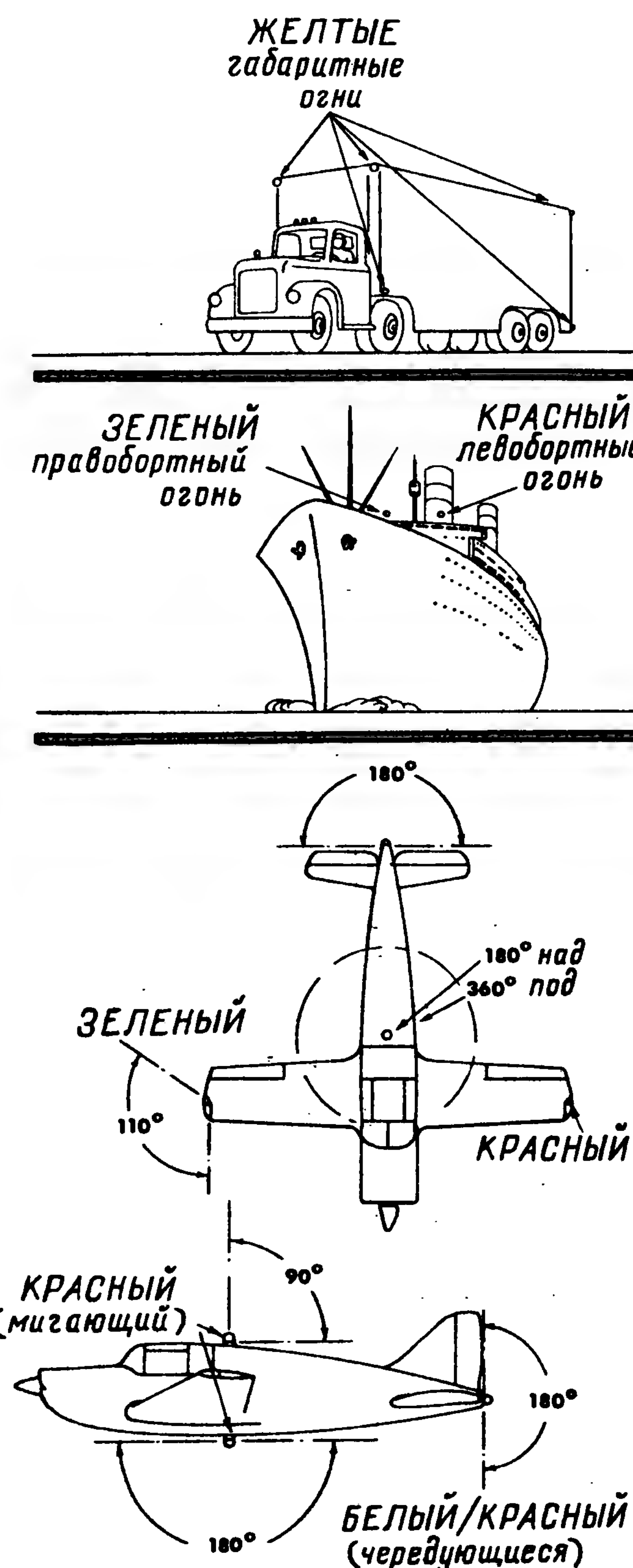
ВНЕШНИЕ СИГНАЛЬНЫЕ ОГНИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Внешние сигнальные огни чрезвычайно важны для передачи информации о транспортных средствах, наблюдаемых ночью, особенно таких, как самолеты, корабли, грузовые автомашины и т. д. С их помощью может быть передана следующая информация:

присутствие и место расположения;
опознавательные признаки;
курс;
предполагаемый маневр;
расстояние или радиус действия;
высота;
скорость;
положение;
потребность в помощи;
размеры или «клиренс».

Определенные стандартные световые сигналы приняты для воздушного и морского флота, железных дорог и для коммерческого автомобильного транспорта. Не ставя себе задачу разобрать в этом разделе положительные и отрицательные стороны этих стандартов, мы хотим лишь дать некоторые рекомендации по улучшению условий зрительного восприятия световых индикаторов. Как это ни кажется неправдоподобным, многие световые индикаторы весьма неудачно расположены на транспортных средствах и потому не выполняют своей задачи.

Каково бы ни было транспортное средство, важно проанализировать его конфигурацию, учитывая все возможные углы наблюдения, предусмотрев, чтобы 1) индикатор не заслонялся от наблюдателя и 2) лампа или группа ламп не создавали ложного впечатления о положении или направлении движения данного транспортного средства.

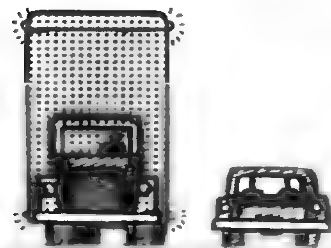


ТИПИЧНЫЕ МЕСТА УСТАНОВКИ ВНЕШНИХ ОГНЕЙ НА САМОЛЕТЕ





ХВОСТОВЫЕ, или задние, огни на коммерческих средствах дорожного транспорта должны быть расположены достаточно высоко, чтобы их мог хорошо видеть водитель сзади идущего автомобиля. Помните, что водитель должен смотреть поверх капота своего автомобиля!



Кроме того, рекомендуется придавать обычным хвостовым огням такую форму, чтобы они были видны и со стороны.



Очень широкие машины, как некоторые грузовики, должны снабжаться габаритными огнями, показывающими обгоняющему или приближающемуся транспорту максимальные габариты грузовика.

УКАЗАТЕЛИ ПОВОРОТА должны делаться так, чтобы они автоматически мерцали с частотой от 3 до 10 раз в секунду и с продолжительностью вспышки около 0,05 *сек.* Желательно такие индикаторы крепить отдельно от постоянно включенных габаритных хвостовых огней.



Кроме обычных ламп, расположенных сзади транспорта, рекомендуется также устанавливать специальный предостерегающий указатель. Каждая лампа должна иметь отдельный держатель, как показано на рисунке слева.

* Дополнительный индикатор зажигается, когда водитель снимает ногу с акселератора. Может также использоваться для указания поворотов.

ЦВЕТА СИГНАЛЬНЫХ ЛАМП ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Цвет	Значение	Области использования
Красный (6300 Å)	Опасность	Постоянные хвостовые огни, стоп-сигналы, обозначение стоящих в порту кораблей и самолетов
Желтый (5900 Å)	Предупреждение	Обозначение клиренса или фюзеляжа, предупредительные сигналы
Зеленый (5000 Å)	Безопасность	Освещение правого борта кораблей, самолетов и т. д.

NataHaus

Другие цвета можно использовать в различных иных случаях. Следует, однако, помнить, что с возрастанием расстояния, на котором воспринимаются цвета, они становятся все труднее отличимыми от белого цвета.

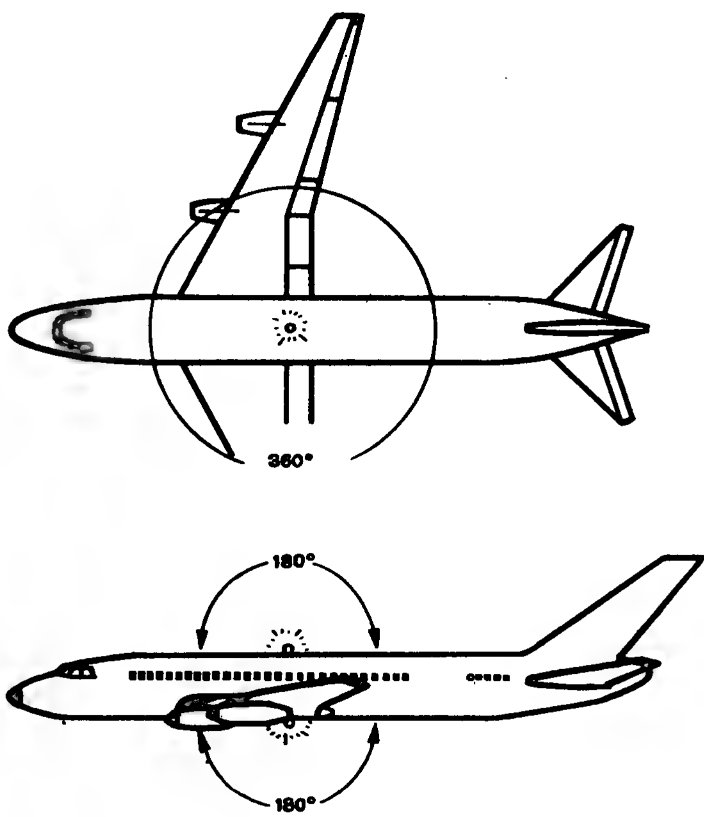
ОГНИ, ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ СТОЛКНОВЕНИЕ

Основное назначение этих указателей — сделать самолет заметным для пилотов других самолетов в условиях ночных полетов. Хотя имеются разногласия относительно наилучшего типа индикатора, применяемого для этой цели, очевидно, что одним из наиболее важных факторов является интенсивность его света.

Расстояние R, на котором воспринимается индикатор, связано с интенсивностью его света I законом Алларда

$$R^2 = \frac{IT^R}{E_0},$$

где T — прозрачность атмосферы на единицу расстояния, а E_0 — интенсивность света, соответствующая порогу зрительного восприятия. Получение света требуемой интенсивности, обеспечивающей надежное опознание самолетов при современных скоростях, практически неосуществимо по энергетическим соображениям, поэтому здесь можно рекомендовать лишь применение самой высокой интенсивности, которая практически достижима. Общепризнано также, что единственным реальным решением проблемы является разработка других, несветовых средств предупреждения столкновений. Пока же в каком-то смысле остаются пригодными световые индикаторы. Для этих целей рекомендуется применять импульсные лампы красного света (80—90 *имп/мин* с отношением времени свечения к времени перерывов от 2 : 1 до 3 : 1).



Все огни следует располагать так, чтобы они не светили в глаза пилоту!

ГАБАРИТНЫЕ ПОЛЕТНЫЕ ОГНИ САМОЛЕТА

Во время полета на самолете должны быть включены световые индикаторы, указывающие его габариты. Индикаторы устанавливаются в следующих местах: *А* — у сочленения фюзеляжа с крыльями; *Б* — на концах крыльев и *В* — на кромках горизонтального хвостового оперения. Они должны быть расположены так, чтобы по крайней мере три огня были видны с любой позиции наблюдателя. Следует предусматривать специальные поворотные экраны, чтобы защитить пилота от ослепления этими огнями. Переключатель положений экранов должен быть снабжен индикацией, позволяющей легко находить их правильные положения без зрительного контроля.



СИГНАЛЬНЫЕ ОГНИ АЭРОПОРТА

Сложность задачи правильного размещения сигнальных огней аэропорта состоит в том, что все пилоты должны в условиях ночного полета понимать их смысл и расположение, правильно оценивая свое положение относительно этих огней при различных углах зрения и различных атмосферных условиях и условиях освещения. Ниже приводятся рекомендации по установке аэродромных огней, но в каждом конкретном случае конструктору следует обращаться к действующим внутригосударственным и международным правилам и инструкциям.

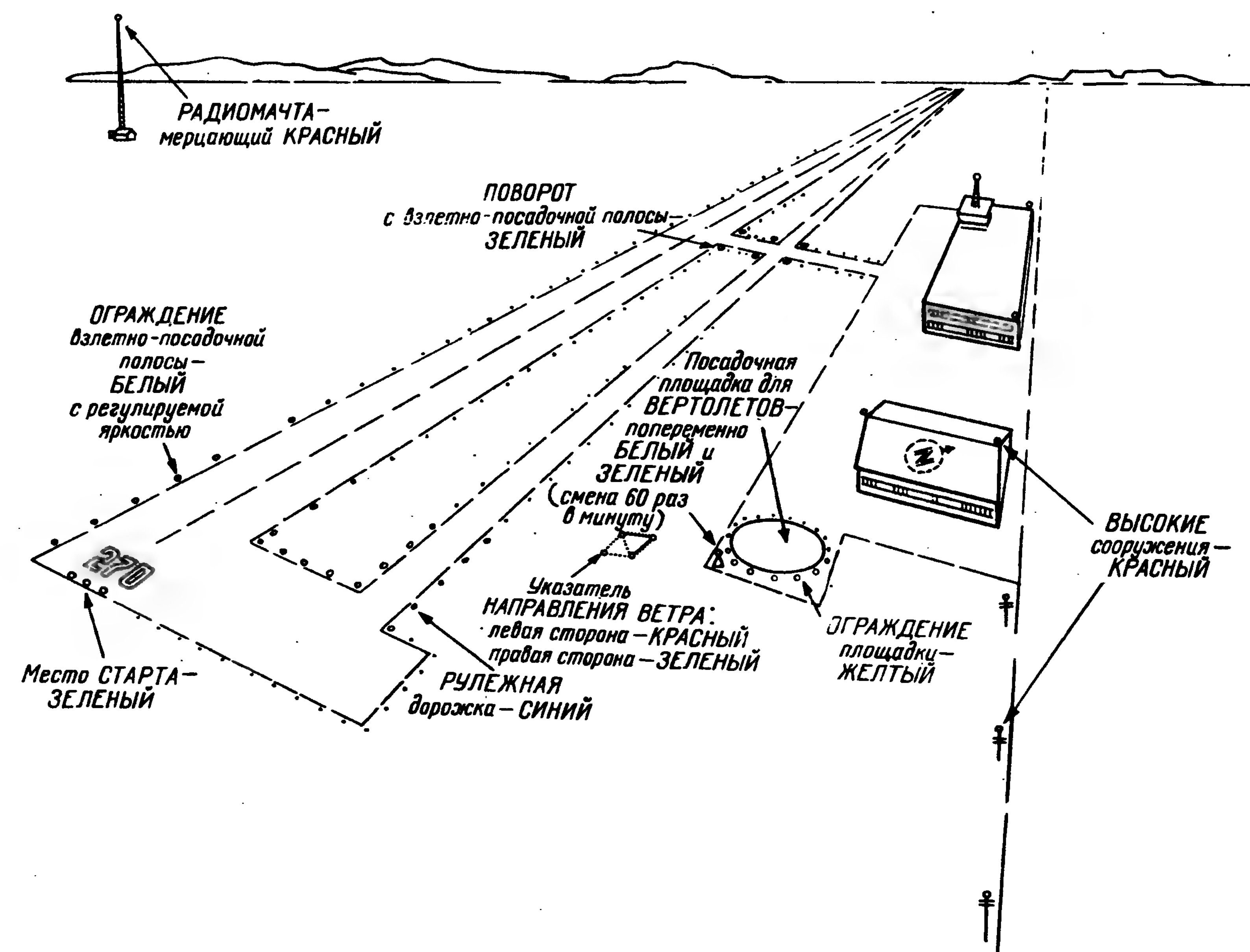
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

При размещении аэродромных огней проследите за тем, чтобы из любой возможной точки пилот не спутал их с огнями, расположенными за пределами аэродрома.

После приземления пилоту особенно трудно наблюдать за взлетными и посадочными огнями, в частности в точках поворота.

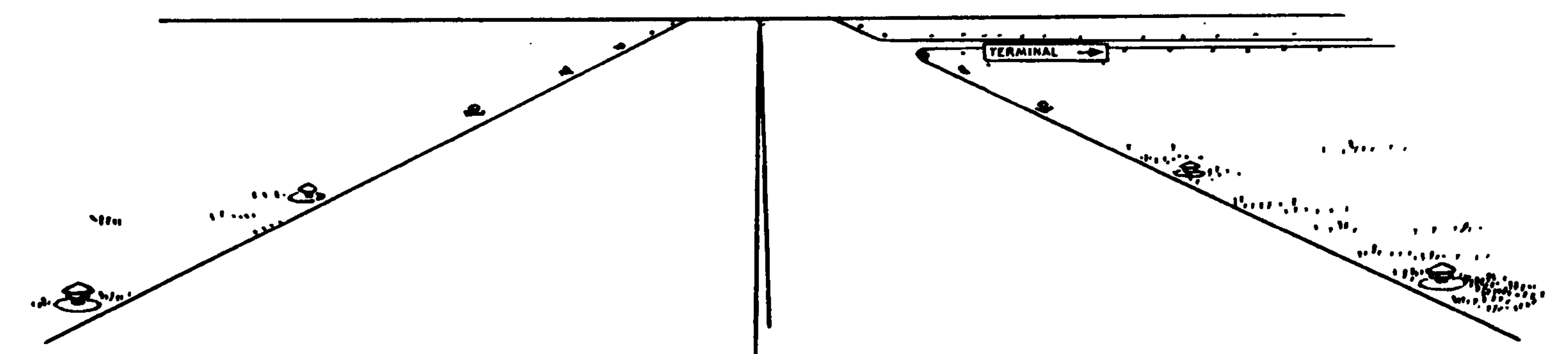
Ночью пилот подвержен сильному воздействию блескости.

Стойки наземных аэродромных сигнальных огней могут представлять серьезную опасность для самолетов.



ВНЕШНИЕ НАЗЕМНЫЕ ОГНИ

Знаки, указывающие направление, очень помогают пилоту при выруливании самолета, особенно в ночных условиях. Высота букв в надписях на таких указателях должна выбираться в зависимости от расстояния, на котором они должны восприниматься, а это расстояние определяется точкой приземления и ожидаемой скоростью движения самолета. Оптимальная высота букв составляет около 400 *мм*. Буквы на указателях рекомендуется делать белого цвета на черном фоне при восприятии в дневных условиях; ночью они будут выглядеть янтарно-желтыми.



Все наземные знаки, предупреждающие об опасности, должны снабжаться автоматической системой включения и выключения, так как при ручном управлении могут быть допущены ошибки по недосмотру обслуживающего персонала. Желательно также иметь индикацию на центральном пульте управления, отражающую исправность ламп, чтобы можно было своевременно послать ремонтную бригаду на место для замены перегоревшего светильника. Светильники должны быть сконструированы так, чтобы они позволяли быстро производить мелкий ремонт и смену ламп.

ПЕЧАТНЫЙ МАТЕРИАЛ

ДЕТАЛЬНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ПЕЧАТНОГО МАТЕРИАЛА

	Книги и брошюры	Надписи, спецификации, знаки, технические паспорта, надписи на приборах, технические инструкции	Графики, таблицы, схемы и шкалы	Диапозитивы
СТИЛЬ ШРИФТА В обычных случаях рекомендуется, как правило, прямой шрифт. Курсив может использоваться специально для выделения отдельных мест, но его следует применять умеренно	Bookman Old Style Garamond, Cheltenham Antique, Scotch Roman (Стили, указанные в соседнем столбце, могут также использоваться для выделения заголовков, описания рисунков, в таблицах и т. д.)	Готический Спартанский Каллиграфический Futura (О надписях на приборах см. также стр. 2-10) Примечание. Допустимо применение узких, средних и полужирных вариантов указанных выше шрифтов. Избегайте жирных и сверхжирных вариантов	См. графу «Надписи и т. д.»	См. графу «Надписи и т. д.»
ВИД ШРИФТА	Сочетание прописных и строчных букв	На приборах и этикетках только прописные. Для других целей применяйте сочетание прописных и строчных букв, в зависимости от длины текста	Лучше использовать только прописные буквы, однако при большом объеме текста допустимо сочетание прописных букв со строчными	См. графу «Графики и т. д.»
РАЗМЕР ШРИФТА	Кегль (высота шрифта) 10 пунктов предпочтительнее, допустимы кегли от 9 до 12 пунктов (1 пункт = 0,376 *мм*)	Зависит от расстояния до наблюдателя (см. стр. 2-10)	При использовании в книгах и инструкциях их размер зависит от пропорций страницы (формата). В других случаях размер зависит от расстояний до наблюдателя (см. стр. 2-50)	Минимальная по размеру буква должна иметь высоту по крайней мере 1 *мм* и ширину штриха 0,15 *мм*
ФОРМАТ (длина строки)	Наиболее предпочтительна длина строки 19 цицеро, однако допустимы также размеры от 14 до 28 цицеро (1 цицеро = 12 пунктов = = $^1/_2$ квадрата = 4,51 *мм*)	Для инструкций см. графу «Книги и брошюры». Для других случаев поступайте сообразно размерам и композиции	В соответствии с требованиями	В соответствии с требованиями
РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СТРОКАМИ	При кегле 10 пунктов расстояние между строками должно быть не менее 2 пунктов	Минимум 3 пункта	Для графиков—в соответствии с требованиями. Для таблиц в качестве минимального расстояния рекомендуется 0,2 высоты буквы	В соответствии с требованиями (см. рекомендации для книг и брошюр, для графиков, таблиц и т. д.)
КОНТРАСТНОСТЬ	Темный шрифт на светлом фоне; обычно используется черный шрифт на белой бумаге с большим коэффициентом отражения, но не глянцевой. Плотность бумаги должна быть достаточна, чтобы исключить пропечатывание шрифта с обратной стороны листа	Для инструкций см. раздел «Книги и брошюры». Для других случаев см. специальные указания в соответствующих разделах	Темный шрифт на светлом фоне (исключение составляют диапозитивы, см. стр. 2-69, 2-70)	Любым способом, зависящим от условий общего освещения (см. раздел о диапозитивах, стр. 2-69, 2-70)

ПРИМЕЧАНИЕ. Для более детальных указаний относительно подготовки печатных материалов пользуйтесь инструкциями соответствующих издательств. Кроме того, можно указать на следующие материалы Американской ассоциации стандартов: Z15.1 — Инженерные и научные чертежи для диапозитивов; Z15.2 — Таблицы: Руководство по проектированию; Z15.3 — Инженерные и научные графики для печати. Материалы Американской ассоциации публикуются Американским обществом инженеров-механиков (ASME).

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ ПЕЧАТНОГО МАТЕРИАЛА

Основной целью выпуска печатного материала является передача мыслей, идей и деталей информации от одного человека к другому. Отсюда наиболее важной задачей при подготовке издания должно быть донесение этой информации до читателя в наиболее простой и понятной форме. Чтобы эффективно выполнить это, надо знать читателя и то, как он будет использовать этот печатный материал. Инструктивные материалы следует готовить для печати несколько иначе, чем, например, справочные материалы. Важно тщательно изучить запросы предполагаемого читателя. С точки зрения инженерной психологии надо приложить все усилия для экономии времени читателя и подготовить материал так, чтобы обеспечить его надежное понимание. Обычная ошибка авторов, издателей, иллюстраторов и составителей заключается в том, что они готовят печатный материал с главной целью облегчить свою работу, создавая при этом трудности для тех, кто будет пользоваться их материалом. Типичными примерами являются сокращения слов, отказ от использования иллюстраций ввиду того, что это удорожает издание, неудобная компоновка, облегчающая зато труд наборщика, сложные и запутанные перекрестные ссылки, позволяющие избежать повторений, плохой шрифт, потому что в данный момент нет лучшего, плохое качество бумаги, потому что она дешевле. В дополнение к этому такие факторы, как устаревшие издательские приемы, некритическое отношение к модным увлечениям или необоснованное высокомерие автора по отношению к читательской аудитории, которой он адресует свой материал, часто сильно затрудняют практическое использование материала.



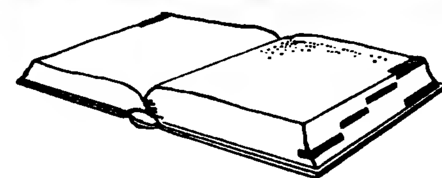
КНИГИ И ДРУГИЕ ПЕРЕПЛЕТЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ. Размер таких материалов зависит от условий, в которых они должны использоваться и храниться. Если переплетенный материал оказывается слишком большим по формату или по толщине, им трудно пользоваться и его сложно хранить. Если же его размеры чересчур малы, читатель будет тратить бо́льшую часть времени на перелистывание страниц. Следующие отношения размеров к толщине следует считать рациональными:

При размере страницы 180×270 *мм*
толщина до 50 *мм*
При размере страницы 136×186 *мм*
толщина до 25 *мм*

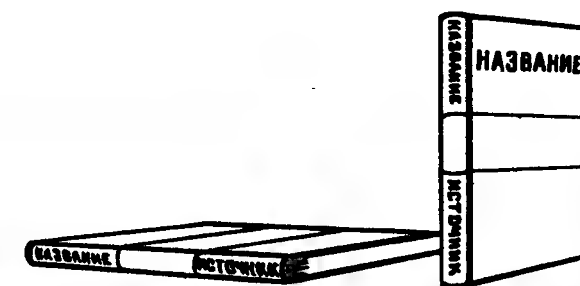
Такие соотношения размеров материала обеспечивают наиболее удобное его использование и хранение. Однако иногда, конечно, используются и бо́льшие форматы, при применении которых читателю нужны какие-то вспомогательные средства.



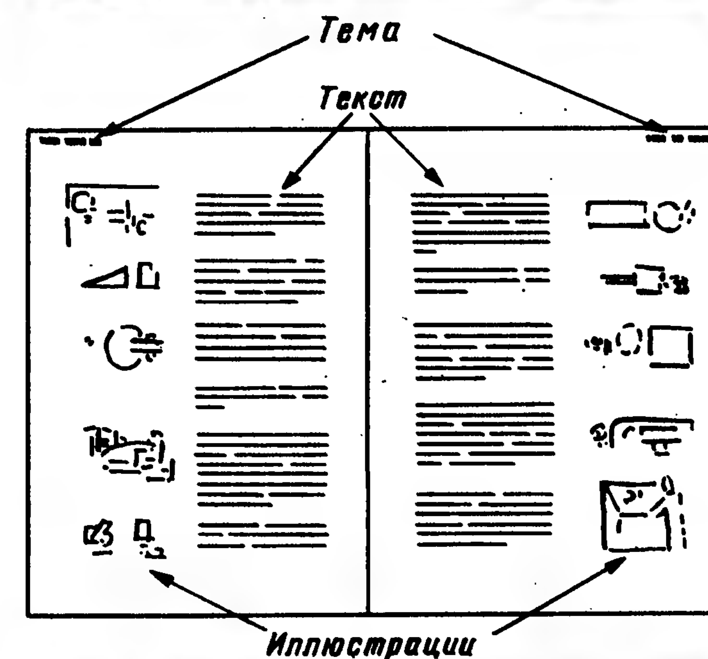
Материалы должны быть сшиты так, чтобы в раскрытом виде страницы ровно ложились по обе стороны книги.



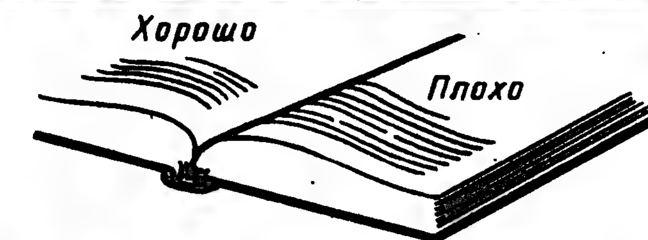
Стандартное расположение надписей на папках и переплетах книг, хранящихся в вертикальном положении, показано на рисунке справа. Удобство такого расположения надписи состоит в том, что, если книга лежит горизонтально на столе, ее название легко прочесть как на лицевой стороне переплета, так и на корешке.



КОМПОНОВКА СТРАНИЦЫ. При компоновке страницы важно иметь в виду, что читатель обычно начинает обозревать страницу с левого верхнего угла. Это определяет идею компоновки. Много гипотез было выдвинуто относительно принципов компоновки: расположения наиболее важной для читателя части текста на странице, соотношения печатного и иллюстративного материала и т. д. По этому поводу автору рекомендуется консультироваться с опытными издателями.

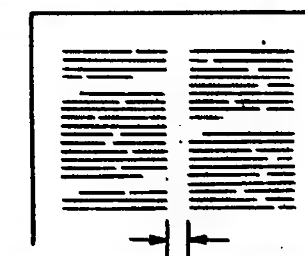


Страницы настоящей книги компоновались на основе другого принципа, исходя из соображений о ее специальном назначении и способе использования читателем. Поскольку предполагается, что пользоваться книгой будет в основном инженер-конструктор, рассматривающий ее как справочное издание, размещение материала определялось прежде всего соображениями удобства поиска нужного раздела, что можно сделать, «веером» листая страницы большим пальцем руки. Для этой цели иллюстрации и заголовки разделов вынесены на поля страниц и легко воспринимаются читателям при таком быстром перелистывании книги в обоих направлениях.

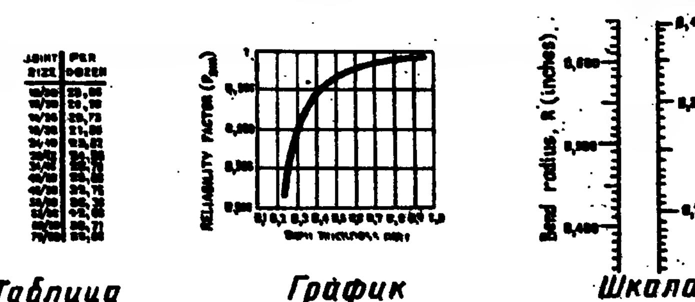


Печатный материал должен располагаться с внешними полями шириной не менее 12 *мм*.

Если материал располагается на странице в несколько столбцов, расстояние между столбцами должно быть не меньше одного цицеро (1/4 квадрата). Разделительные линии между столбцами не рекомендуются.

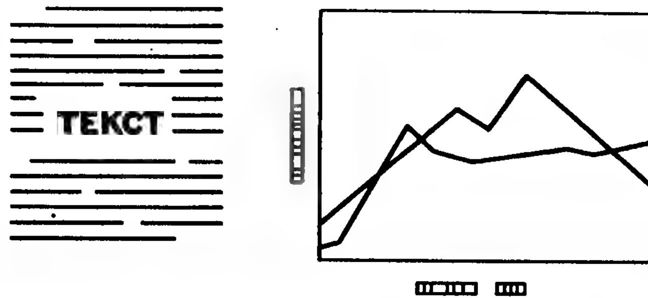


Представление количественных данных более предпочтительно в виде таблиц, чем в виде графиков или шкал. Исключение составляют случаи, когда необходимо отобразить общий характер функциональной зависимости. Графики, шкалы и схемы примерно равноценны по читаемости. Таблицы следует максимально упрощать — в той степени, в какой это совместимо с их назначением; читатель должен быть избавлен от необходимости сам интерполировать промежуточные значения в таблице.



i номер наблюдения	y_i измеренный диаметр	i номер наблюдения	y_i измеренный диаметр	i номер наблюдения	y_i измеренный диаметр
1	0,992	11	0,998	21	1,001
2	0,992	12	0,998	22	1,002
3	0,993	13	0,998	23	1,002
4	0,994	14	0,998	24	1,003
5	0,995	15	0,999	25	1,003
6	0,995	16	0,999	26	1,004
7	0,996	17	1,000	27	1,005
8	0,996	18	1,000	28	1,005
9	0,996	19	1,000	29	1,006
10	0,997	20	1,001	30	1,008

В таблицах рекомендуется использовать вертикальные линии для более четкого разделения граф. Горизонтальные линии следует использовать только для выделения главных разделов таблицы. Однако, когда колонки таблицы содержат цифры, чтение при этом затрудняется, и тогда можно использовать разделяющие линии или отбивку через каждые пять строчек.



Как уже говорилось, графики следует использовать, когда надо отобразить общий характер функциональной зависимости. Они должны включать все необходимые обозначения, чтобы быть понятными сами по себе. Графики и текст должны взаимно дополнять друг друга.

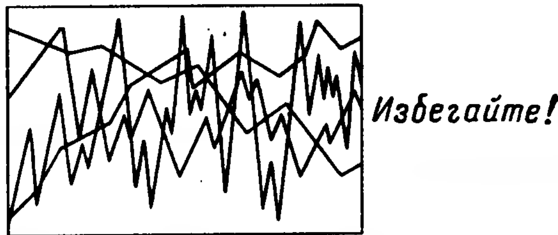


При составлении графиков всегда следует иметь в виду задачу сведения к минимуму требуемых от читателя усилий. Они не должны содержать никаких лишних линий и надписей, кроме тех, которые абсолютно необходимы для их ясного понимания. В целом график должен быстро давать отчетливое представление о наиболее важных чертах отражаемой зависимости, а второстепенные его части должны способствовать выявлению смысла целого.

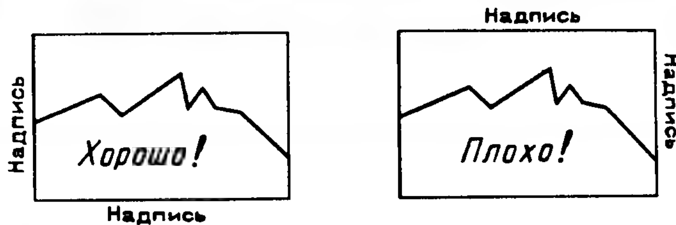
ПОРЯДОК ВЫДЕЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СХЕМ И ГРАФИКОВ

- Название графика
- Кривые
- Название кривых
- Шкалы и их названия
- Подзаголовки и примечания
- Координатная сетка

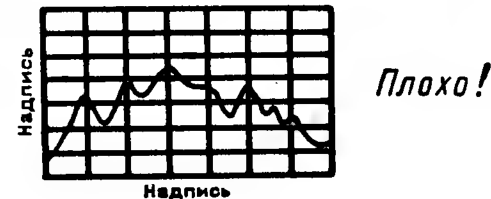
На одном графике, как правило, не должно быть больше четырех кривых во избежание неразберихи.



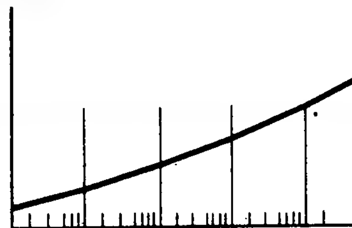
Надписи на осях графиков следует располагать внизу и слева.



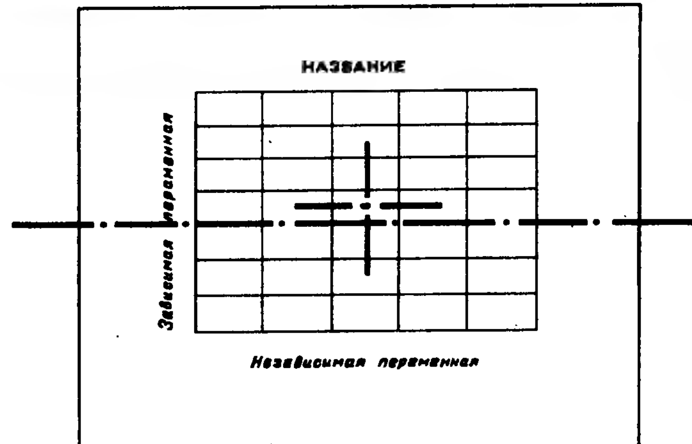
Линии на графике должны быть разной толщины в зависимости от их важности. Наиболее толстой («жирной») линией должна быть проведена главная кривая. Координатные линии никогда не должны проводиться такими же жирными линиями, как сама кривая. Оцифрованные линии должны быть толще неоцифрованных. Когда используются десятилинейные интервалы между цифрами, пятая (средняя) линия должна быть тоньше, чем оцифрованные линии, но толще других неоцифрованных линий.

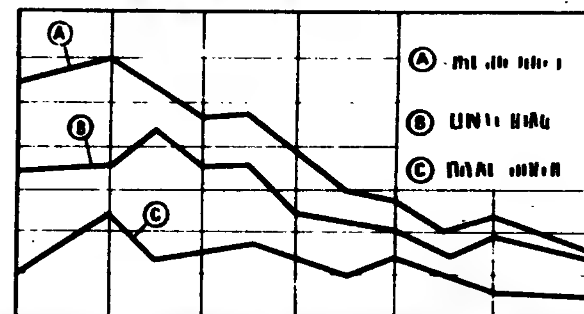


Число координатных линий на неоцифрованных шкалах можно ограничить, заменив их отметками.

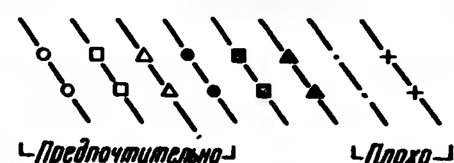


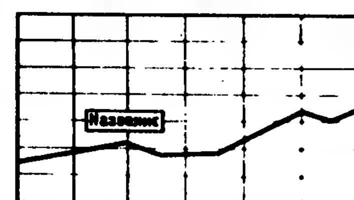
Шкалы, обозначения и другие элементы графика должны быть размещены так, чтобы сохранялось композиционное равновесие относительно вертикальной и горизонтальной осей. Центр тяжести графика должен быть немного выше линии, делящей вертикальные надписи пополам, чтобы придать изображению в целом зрительную устойчивость. По горизонтали откладываются значения независимой переменной, которые обычно возрастают слева направо, по вертикали — значения зависимой переменной, возрастающие снизу вверх. Надписи на осях должны указывать отложенную величину и единицу ее измерения.

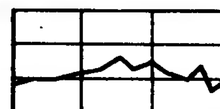


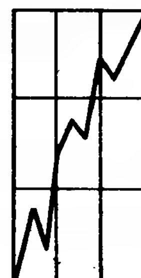












Название графика должно быть по возможности кратким. При необходимости для разъяснения названия можно использовать подзаголовки. Названия не должны располагаться в пределах разграфленной площади. Не пользуйтесь сокращениями в заголовках. На графиках и схемах следует применять только стандартные сокращения.

При необходимости дать ссылки и дополнительные пояснения к графику их лучше помечать цифрами и буквами, взятыми в кружок, чем другими печатными символами (* и т. д.).

Для изображения кривых используйте линии различных типов, хотя это и не всегда обязательно.

Для обозначения точек наблюдения на кривых рекомендуется использовать кружки, квадраты или треугольники.

Краткие надписи у кривых предпочтительнее букв или цифр, требующих дополнительного объяснения. Устраняйте линии координатной сетки вокруг этих надписей. Если требуются описания или пояснения, они должны даваться в пределах графической сетки.

Координатная сетка, растянутая по горизонтали, может использоваться в следующих случаях:

для данных, наблюдаемых в течение большого промежутка времени;

для изображения кривых с очень частыми точками наблюдения;

для изображения медленно меняющихся процессов.

Координатная сетка, растянутая по вертикали, применяется:

для графического изображения экспериментальных данных с коротким периодом наблюдения;

для лучшего выявления малых колебаний кривой;

когда относительная скорость изменения параметра высока;

для совмещения на графике близких по характеру кривых;

для показа экспериментальных данных, сильно различающихся по абсолютной величине.

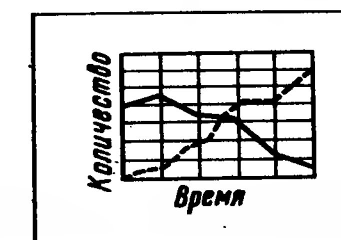
Когда на одном графике требуются две шкалы, желательно привести обе шкалы к одной общей основе.



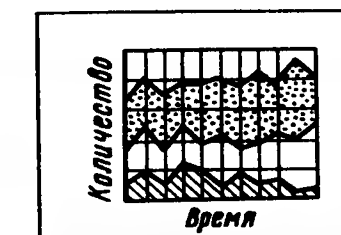
Многозначные цифры на шкалах нередко приходится сокращать, чтобы избежать трудностей при чтении шкалы. Вместо словесных обозначений иногда полезно использовать общие символы.

ИСПОЛЬЗУЙТЕ ВРЕМЕННЫЕ ДИАГРАММЫ В СЛЕДУЮЩИХ СЛУЧАЯХ:

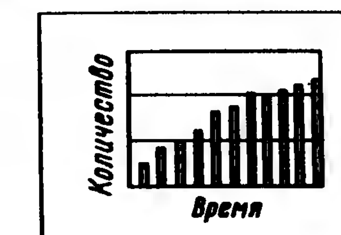
- для внимательного изучения или для интерполяции;
- когда более важен ход изменения параметра, чем его абсолютное значение;
- когда подлежат сравнению несколько временных рядов;



- чтобы добиться большей выразительности схемы;
- чтобы подчеркнуть абсолютное значение в противовес изменению во времени;
- чтобы подчеркнуть мгновенные значения в противовес значениям за определенный период времени;
- чтобы дать общую картину нестационарного процесса;

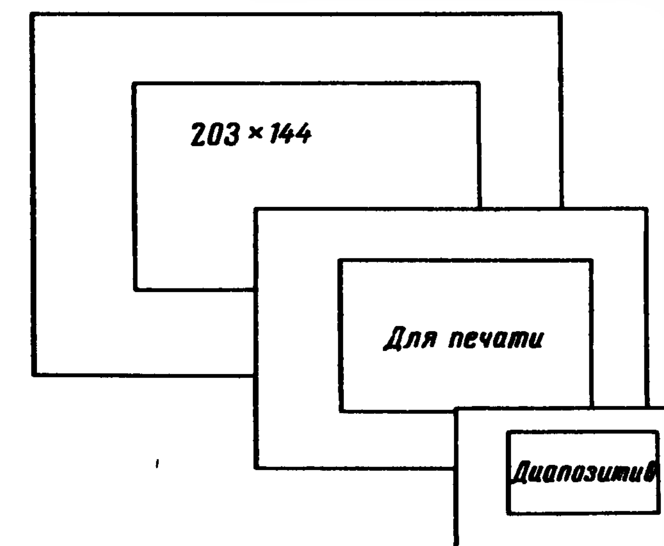


- чтобы подчеркнуть сравнение числовых величин;
- чтобы подчеркнуть значения за определенный период времени в противовес мгновенным значениям;
- чтобы показать диапазон изменения величин или их отклонений от нормальной или основной линии.



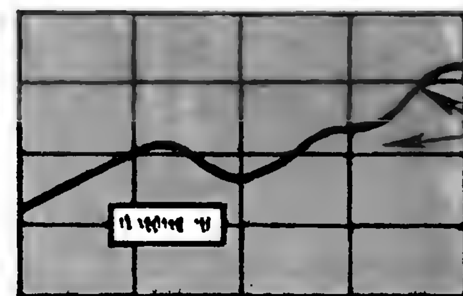
ПОДГОТОВКА МАТЕРИАЛА

Оригинал размером 203×144 *мм* уменьшается до $^1/_3$ размера при его воспроизведении на диапозитиве или до $^1/_2$ размера при полиграфическом воспроизведении. График размером 210×325 *мм* (включая подпись) после сокращения наполовину будет занимать полную страницу в журнале обычного формата, печатающемся в одну колонку. Размеры графиков для публикации по ширине и высоте не должны превышать столбца или страницы.



ДИАПОЗИТИВЫ

Для диапозитивов отношение высоты к ширине должно быть приблизительно 7 : 10. Негативные диапозитивы (белые линии на черном фоне), менее утомляющие зрение наблюдателей, чем позитивные, должны показываться только в тщательно затемненной комнате. Если нет уверенности в том, что будет обеспечено полное затемнение, лучше пользоваться позитивными диапозитивами.



Использование цвета в диапозитивах (как и в других графических материалах) может повысить их эффективность. Следует, однако, остерегаться понижения их читаемости и разборчивости плохим подбором цветовых сочетаний. Снижение контраста между основным изображением и фоном сильно ухудшает условия восприятия при проекции на экран.

Для надписей на диапозитивах по возможности применяйте буквы одного размера. Не располагайте больше трех кривых на одном диапозитиве. Исключение составляют случаи, когда кривые имеют сходную форму и четко разделены.

Рекомендуется применять следующую толщину линий:

кривые $1^1/_2$—2 пункта;
оси координат 1 пункт;
линии координатной сетки $^1/_2$ пункта.

При демонстрации на экране соблюдайте следующее отношение высоты буквы на экране к расстоянию экрана от самого дальнего зрителя: буква высотой 25 *мм* при расстоянии 7,5 *м* (или 1 : 300). Как правило, самая маленькая буква на диапозитиве должна быть по крайней мере около 1 *мм* высотой с шириной штриха 0,15 *мм*. При подготовке схем увеличивайте размеры примерно в три раза — высота буквы в этом случае должна быть около 3 *мм*.

ПОДГОТОВКА ДОКУМЕНТОВ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ

Печатные документы, такие как справочники, библиографические указатели, учебники и технические руководства, часто готовят к печати без учета интересов их предполагаемого читателя. Например, библиотечным работникам часто приходится готовить списки книг для инженерно-технического персонала, чтобы проинформировать его о новых материалах, полученных библиотекой. Библиотекарь обычно стремится облегчить процесс изготовления списка, объединяя процесс печатания карточек для каталога с печатанием списков наличия книг. На самом деле здесь нужно учитывать два вида потребителей: библиотечных работников и инженера, который желает быстро просмотреть список имеющихся книг. К сожалению, инженер при этом является страдающей стороной; просмотр библиографических списков отнимает у него слишком много времени, поскольку списки фактически составлены для упрощения работы библиотекаря.

В данном примере речь шла об инженере, но в каждом отдельном случае встает особая проблема формы представления информации для данного вида потребителей. Вопросы, которыми интересуется инженер, можно расположить в порядке, в котором он рассматривает список:

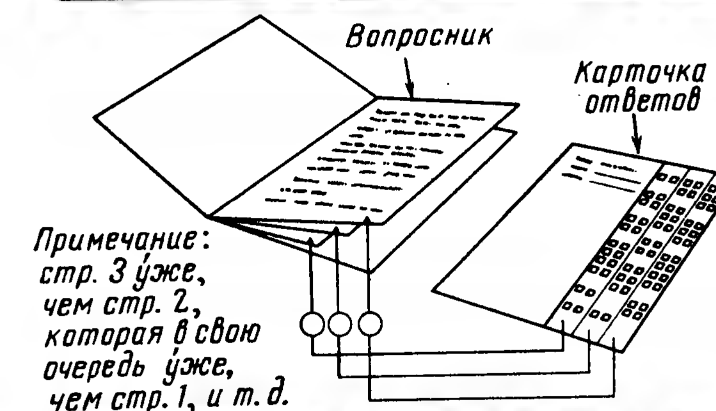
наименование предмета (тема);

название работы;

автор;

источник или номер по каталогу.

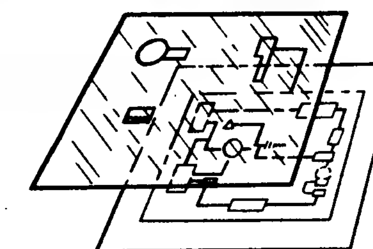
Другой пример документа, составляемого с учетом требований инженерной психологии, — контрольный перечень вопросов. В этом случае один и тот же список вопросов используется многократно. Поскольку отсутствует необходимость в многократном повторении совокупности ответов, вопросная часть сконструирована так, что карточка для ответов может вкладываться в вопросную книжку, а после заполнения выниматься для дальнейшего анализа или подшивки в дело.



Во многих случаях работу читателя с печатным материалом облегчают откидные страницы. Они, в частности, очень удобны, когда читателю на протяжении ряда страниц требуется постоянно иметь перед глазами относящийся к тексту иллюстративный материал. Такие откидные страницы должны откидываться вверх, вправо или влево.



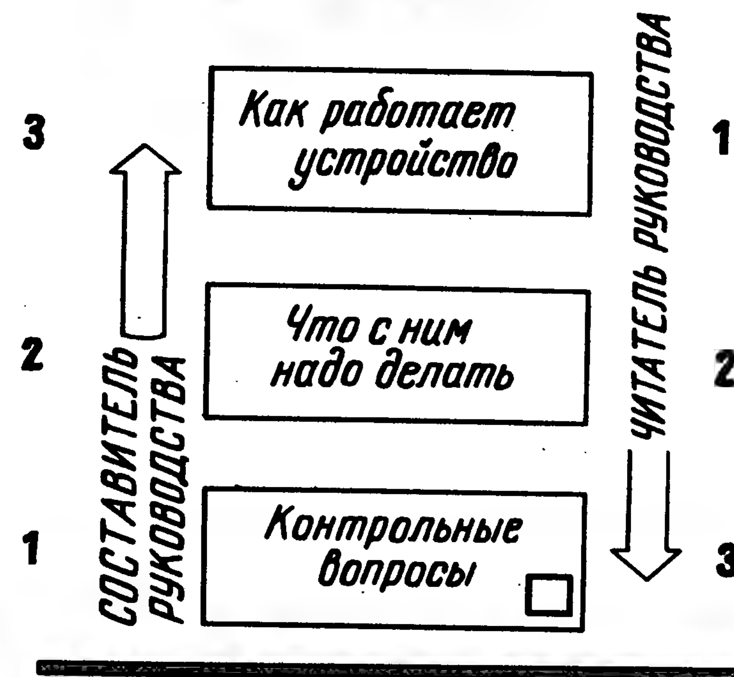
Прозрачные накладки являются эффективным средством для последовательного сочетания или выделения частей в иллюстрации. Они особенно полезны при изучении технических чертежей сложных или комплексных объектов. Использование цветных элементов изображений в накладках еще более улучшает качество подачи материала.



СОЗДАНИЕ РУКОВОДСТВА ПО УХОДУ ЗА ОБОРУДОВАНИЕМ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ

Учебные пособия и руководства, составленные с учетом методических требований, могут оказать работникам существенную помощь в приспособлении их к выполнению требуемой работы. Для этого они должны учитывать три основных элемента процесса обучения: приобретение знаний, их усвоение и их активное применение. Учебное пособие должно провести читателя через основные стадии процесса приобретения знаний с учетом его опыта и способностей, это должно сопровождаться логической последовательностью упражнений по применению новой информации, причем должны быть предусмотрены частые проверочные вопросы, контролирующие степень усвоения на каждом шаге процесса обучения.

NataHaus



Хорошее руководство по уходу за оборудованием должно соответствовать трем основным целям: оно должно

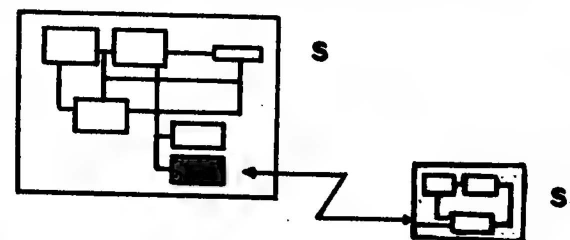
учить,
направлять,
оценивать.

При составлении учебного руководства его автор должен начинать с последней функции и от нее продвигаться в обратном направлении, т. е. он должен прежде всего определить, чему он хочет обучить рабочего и до какого уровня мастерства. Это позволяет ему затем выбрать наилучшие способы выполнения двух других функций. Следующее важное соображение касается применяемых символов: цифр, ключевых слов, рисунков и других обозначений. Хотя часто говорят, что один рисунок стоит десяти тысяч слов, в учебном руководстве должны найти место все формы символики. Однако при их применении автора подстерегает ряд опасностей, перечень которых поможет ему при выборе наиболее рациональных ее форм:

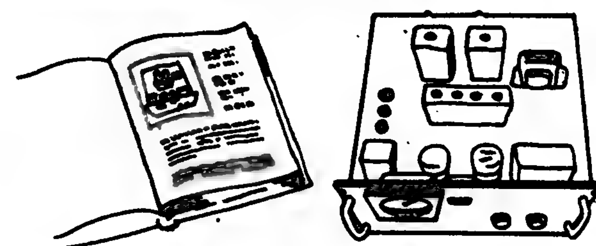


- НЕТОЧНО УПОТРЕБЛЕННЫЕ СЛОВА МОГУТ ВЫЗВАТЬ ОШИБОЧНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБ ИЗЛАГАЕМОМ ПОНЯТИИ ИЛИ ОТНОШЕНИИ.
- ИЛЛЮСТРАЦИИ (ОСОБЕННО ФОТОГРАФИИ), ИЗОБРАЖАЯ ВСЕ ИМЕЮЩИЕСЯ ПОДРОБНОСТИ И ЗАВИСИМОСТИ, МОГУТ СОВЕРШЕННО ЗАТЕНИТЬ НАИБОЛЕЕ СУЩЕСТВЕННЫЙ ФАКТОР.
- СХЕМЫ НАДО УМЕТЬ ЧИТАТЬ, ЧТО РЕДКО ДОСТУПНО НОВИЧКУ.
- ИЛЛЮСТРАЦИИ, ПРИЗВАННЫЕ ПОДЧЕРКНУТЬ КАКОЕ-ЛИБО ОБСТОЯТЕЛЬСТВО, ЧАСТО ИЗОБРАЖАЮТ ТО, ЧТО РАБОЧИЙ НИКОГДА НЕ УВИДИТ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ.

ПРАКТИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ

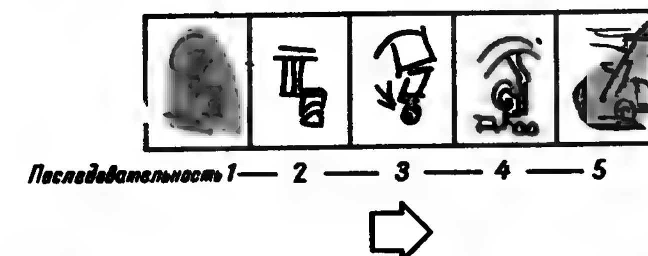


При объяснении или изображении подсистемы всегда показывайте ее связь со всей системой.

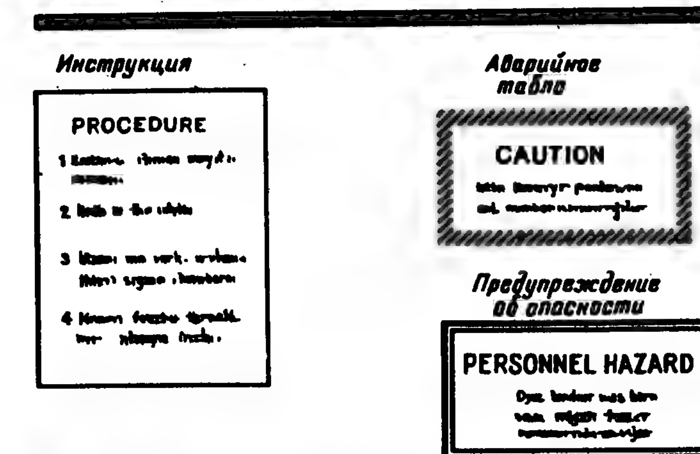


Объекты на фотографиях и рисунках должны быть ориентированы так, чтобы рабочий как бы видел оборудование в реальной обстановке. Если он видит заднюю часть электронного блока, когда достает его из кожуха для осмотра, не изображайте этот блок в учебнике спереди.

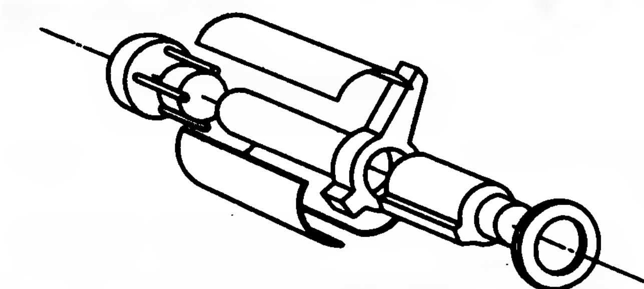
Если для иллюстрации последовательности действий используется серия рисунков, то эти рисунки должны быть расположены слева направо.



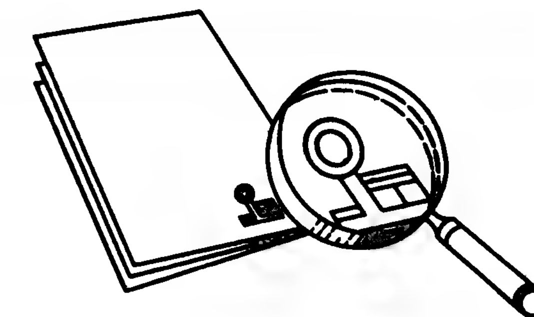
Части текста, содержание которых особенно важно, полезно заключать в рамки. Характер обрамления должен быть единым по всей книге или серии связанных между собой книг.



Полезны рисунки, показывающие сложные узлы в разобранном виде.



Избегайте ненужных «украшающих» иллюстраций. Карикатуры могут использоваться, если они действительно помогают уяснению важной детали, но не должны употребляться просто для развлечения. Детали изображения не должны быть настолько мелкими, чтобы их приходилось рассматривать через лупу.



По возможности компонуйте текст так, чтобы свести к минимуму необходимость перелистывать страницы. Текст и связанные с ним иллюстрации должны находиться на одной и той же странице. Изложение темы не должно нарушаться вклиниванием других тем.

9 Заказ № 492

КАРТЫ, НАВИГАЦИОННЫЕ СХЕМЫ И ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ЧЕРТЕЖИ

В задачу этого раздела не входит исчерпывающее рассмотрение всех вопросов изготовления карт. Цель состоит лишь в обсуждении некоторых принципов, соблюдение которых улучшает читаемость карт и повышает их эффективность с точки зрения того, кто ими пользуется.

Перед изготовлением или выбором карты или схемы следует рассмотреть три основных вопроса: 1) как должна использоваться карта; 2) где должна использоваться карта; 3) для чего должна использоваться карта. Порядок, в котором эти вопросы рассматриваются, зависит от конкретных условий, поскольку во многих случаях выбирают карты, уже имеющиеся в продаже.

КАК ДОЛЖНА ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ КАРТА? Вообще говоря, карта или схема, имеющая более или менее постоянное место, может быть больше по размерам и содержать большее число мелких деталей, чем карта или схема, которая должна быть портативной. Если расстояние, на котором рассматривается карта, относительно постоянно, например, если известно, что наблюдатель не может подойти к карте ближе или не имеет времени для внимательного рассмотрения карты в течение длительного времени, детали на карте должны изображаться с учетом расстояния ее рассмотрения (см. рекомендации, касающиеся читаемости букв и цифр). Кроме того, надо проследить за тем, чтобы на карте не было слишком много деталей и чтобы они не располагались слишком густо, так как это увеличивает время чтения карты.

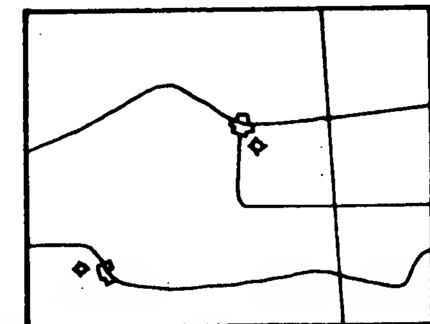
ГДЕ ДОЛЖНА ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ КАРТА? Если пространство, в котором придется пользоваться картой, ограничено, возникают определенные дополнительные трудности. В этом случае следует продумать размеры карты, способ ее складывания или же рассмотреть возможность применения серии карт. Другой подход состоит в использовании микропленок или диапозитивов карт, проектируемых на экран по мере надобности.

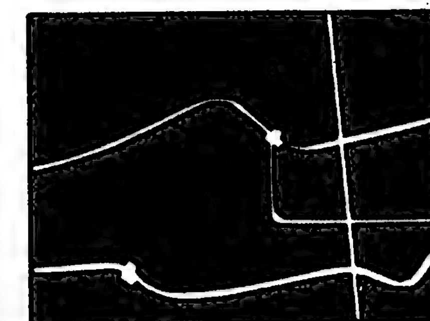
ДЛЯ ЧЕГО ДОЛЖНА ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ КАРТА? Часто карты изготовляются или выбираются с таким расчетом, чтобы можно было использовать всю содержащуюся в них информацию. На самом деле этого следует избегать. Карты должны быть настолько простыми, насколько это только возможно при заданных условиях их использования. К этой точке зрения люди пришли после появления сверхскоростных самолетов. Обнаружилось, что обычные аэронавигационные карты содержат гораздо больше информации, чем это фактически требуется при столь быстром полете над местностью. Большое количество деталей на карте очень затрудняет для пилота своевременное отыскание важной информации — до того, как он пролетел над интересующим его объектом. Нередко карты оказывались также слишком большими и громоздкими для того ограниченного пространства, в котором пилоту приходится работать. Поэтому стало очевидным, что карту следует делать гораздо меньшей по размерам и более простой, чтобы удовлетворить особым условиям ее использования.

ФАКТОРЫ СРЕДЫ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО УЧИТЫВАТЬ ПРИ СОЗДАНИИ КАРТ И СХЕМ

ОБЩЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ. При нормальном общем освещении, эквивалентном дневному, использованию карты очень помогает применение цвета. Если картой приходится пользоваться ночью или в условиях специального монохроматического освещения, как, например, в освещенной красным светом кабине самолета, более целесообразен другой подход. При определенных условиях рекомендуется использовать карты на черном фоне. Они по существу представляют собой как бы негатив обычных карт, но, помимо того, должны быть сильно упрощены. Например, пилоту при ночном полете из его кабины не видны многие из тех деталей, которые хорошо различимы днем; такие объекты не следует включать в «негативную карту», чтобы не загромождать ее и не затруднять пилоту восприятие важных объектов, видимых ночью. Дополнительное преимущество таких «негативных» карт состоит в сохранении условий темновой адаптации пилота.

Общие правила, касающиеся читаемости печатного материала, применимы также к картам и схемам. В частности, цвет бумаги и цвет шрифта должны обеспечивать максимальный контраст при минимальной блескости. Стиль шрифта для букв и цифр должен быть простым, знаки — понятными и хорошо различимыми.


Днем


Ночью

Однолинейная железная дорога
Двухколейная железная дорога
Главное шоссе
Второстепенное шоссе
Линия электропередачи
Скоростной трек

Города и населенные пункты:
- Менее 1000 жителей
- От 1000 до 5000
- Свыше 5000 жителей

АЭРОПОРТЫ

Вспомогат. поле; Военный аэродром; Гражд. аэродром; Муниципальный аэродром; Для гидропланов со средствами обслуживания; Ограниченные средства обслуживания; С посадкой, но без средств обслуживания

ОГНИ

Вращающийся маяк; С указанием курса; С мигающими кодовыми огнями; Морской навигационный огонь; Мигающий маяк; Мигающий кодовый маяк

Река и ручей; Пересыхающая река; Пересыхающее озеро; Высохшее озеро; Болото; Ледник на вершине горы (426); Горная вершина (4700); Песчаные дюны

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ПЕЧАТАЮЩИЕ И САМОПИШУЩИЕ УСТРОЙСТВА

Бумага, предназначенная для автоматических самопишущих устройств с пером, должна отвечать требованиям хорошей читаемости и разборчивости записей. Для нормальных условий освещения бумага должна быть белого цвета, координатная сетка — черного, а след пера самописца — красного, зеленого или какого-то другого цвета, который хорошо контрастирует с черными линиями координатной сетки.

Самопишущие устройства должны конструироваться так, чтобы их подвижный пишущий элемент («перо») закрывал минимально необходимую часть диаграммы.

Конструкция зарядной кассеты и лентопротяжного механизма должна исключать перекос ленты при ее выходе из кассеты. Способ перезарядки кассеты должен быть как можно более простым.

Перо самописца должно быть сконструировано так, чтобы оно легко заряжалось чернилами, не протекало и не делало клякс.

Самопишущее устройство должно быть сконструировано так, чтобы оператор мог делать пометки прямо на диаграмме. Рекомендуется предусмотреть непрерывную регулировку скорости движения ленты. Органы ручного управления следует располагать так, чтобы оператор при регулировке не загораживал график рукой.

Предусмотрите простой и надежный способ, позволяющий быстро отрывать или отрезать отдельные участки записи.

При системе записи на отдельных листах перо самописца должно всегда двигаться слева направо. В устройствах с движущейся лентой бумага должна продвигаться справа налево. В печатающих устройствах типа телетайпа лента должна двигаться снизу вверх.

ПОДКРЕПЛЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО ИНДИКАТОРА

Иногда не только желательно улучшить условия зрительного восприятия информации, повысив ее понятность для оператора, но и не менее важно увеличить надежность приема информации человеком путем одновременного применения сигналов другой модальности, создающих «гарантию» сообщения ему необходимой информации.

Хотя для приема таких «подкрепляющих» сигналов в принципе можно использовать любой из человеческих рецепторов, наиболее удобно использовать органы слуха и осязания. Ниже приводятся некоторые соображения, касающиеся сочетания зрительной индикации со слуховыми и тактильными раздражителями.

ПЛОХОЕ ОСВЕЩЕНИЕ, ВИБРАЦИЯ. Когда имеются опасения, что условия освещения не смогут обеспечить достаточно хорошей видимости зрительного индикатора в критические моменты или когда возможно возникновение вибрации такой интенсивности, при которой понизится разборчивость показаний индикатора, в такие критические периоды можно использовать дополнительные виды информации, помимо зрительной, чтобы повысить надежность работы оператора.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ПЕРЕГРУЗКИ. Во время выполнения некоторых маневров пилоты часто подвергаются воздействию больших перегрузок. В течение этих коротких периодов возможности зрительного восприятия значительно снижаются и пилот не может ясно видеть индикаторы. Однако канал слухового восприятия в эти моменты может сохранять свою эффективность и может использоваться для сообщения пилоту важной информации, несмотря на воздействие сильных перегрузок.

СЕНСОРНАЯ ПЕРЕГРУЗКА. Наблюдается тенденция чрезмерной перегрузки зрительного канала связи оператора с объектом. Когда человеку приходится одновременно следить за слишком многими источниками зрительной информации, он вполне может пропустить наиболее важный источник из-за недостатка внимания или потому, что он в этот момент как раз не смотрел в нужном направлении.

КОЭФФИЦИЕНТ ДОВЕРИЯ. Поскольку люди с момента своего рождения привыкли оценивать вещи одновременно «всеми органами чувств», для них естественно ожидать подачи нескольких видов информации. Каждый дополнительный сенсорный канал действительно повышает «уровень доверия» оператора к воспринимаемой информации. Поэтому обратное положение, т. е. выпадение некоторых каналов восприятия информации, снижает доверие оператора к получаемой информации.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ СОЧЕТАНИЮ СЛУХОВОГО И ЗРИТЕЛЬНОГО КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Применяйте дополнительный ЗВУКОВОЙ сигнал:

— КОГДА ВЗГЛЯД ОПЕРАТОРА МОЖЕТ БЫТЬ ОТВЛЕЧЕН ОТ ПРИБОРНОЙ ПАНЕЛИ НАБЛЮДЕНИЕМ ЗА ТЕМ, ЧТО ПРОИСХОДИТ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ;

— КОГДА ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОКАЗАНИЙ ЗРИТЕЛЬНОГО ИНДИКАТОРА УПРОЩАЕТСЯ ИЛИ ДЕЛАЕТСЯ БОЛЕЕ ЯСНОЙ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ УСТНЫХ СООБЩЕНИЙ;

— КОГДА ЗРИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ ИМЕЕТ НИЗКОЕ ОТНОШЕНИЕ СИГНАЛА К ШУМУ;

— КОГДА ЗРИТЕЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ ОПЕРАТОРА ЗАТРУДНЯЕТСЯ ВОЗДЕЙСТВИЕМ СРЕДЫ;

— КОГДА ПРЕДПОЛАГАЕТСЯ, ЧТО ВНЕШНЯЯ СРЕДА СЛУЧАЙНЫМ ОБРАЗОМ СНИЖАЕТ ЛИБО ЗРИТЕЛЬНЫЕ, ЛИБО СЛУХОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОПЕРАТОРА.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ СОЧЕТАНИЮ ТАКТИЛЬНОГО И ЗРИТЕЛЬНОГО КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Применяйте дополнительный ТАКТИЛЬНЫЙ сигнал:

— КОГДА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕБУЕТСЯ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО БЫСТРАЯ РЕАКЦИЯ;

— КОГДА «КОНТАКТ» С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ПОМОГАЕТ ИНТЕРПРЕТИРОВАТЬ ПОКАЗАНИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО ИНДИКАТОРА;

— КОГДА ОТНОШЕНИЕ СИГНАЛА К ШУМУ КАК В ЗРИТЕЛЬНОМ, ТАК И В СЛУХОВОМ КАНАЛАХ НАХОДИТСЯ НИЖЕ ПРИЕМЛЕМЫХ ВЕЛИЧИН.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ СОЧЕТАНИЮ ЗРИТЕЛЬНОГО, СЛУХОВОГО И ТАКТИЛЬНОГО КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Применяйте совместно ВСЕ ТРИ ТИПА сигналов:

— КОГДА СЛУЧАЙНЫЕ СОЧЕТАНИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ МОГУТ В КАКИЕ-ТО МОМЕНТЫ ПОНИЗИТЬ ВЕРОЯТНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЮБОГО ИЗ СИГНАЛОВ;

— КОГДА ОТНОШЕНИЕ СИГНАЛА К ШУМУ ДЛЯ ВСЕХ ТРЕХ СЕНСОРНЫХ КАНАЛОВ НИЖЕ ПРИЕМЛЕМЫХ ПОРОГОВ;

— КОГДА ТАКОЕ СОЧЕТАНИЕ НАИБОЛЕЕ ЕСТЕСТВЕННО ДЛЯ ОПЕРАЦИИ, А ОТСУТСТВИЕ ОДНОГО ИЗ СИГНАЛОВ ЗАСТАВЛЯЕТ СОМНЕВАТЬСЯ В НАЛИЧИИ ДРУГИХ.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ, СОЧЕТАЮЩИМ ЗРИТЕЛЬНЫЕ, СЛУХОВЫЕ И ТАКТИЛЬНЫЕ ИНДИКАТОРЫ

Интенсивности сигналов различных сенсорных модальностей должны быть соизмеримы. Если уровень сигнала одной модальности значительно выше, чем других, это может помешать восприятию важных аспектов других показаний, а в экстремальных условиях сорвать нужную реакцию, вызвав «стрессовое» и даже шоковое состояние.

Характеристики сигналов различной модальности должны быть согласованы между собой в отношении величины ожидаемых изменений или скорости изменений. Например, если зрительный индикатор отражает возрастание скорости полета, характер дополняющего его звукового индикатора должен быть таким, чтобы усиливать впечатление ускорения, например, частота прерывания звука должна возрастать. Подобной же должна быть реакция системы управления на возрастание сопротивления системы. При подаче же сигналов с обратными характеристиками они вместо того, чтобы подкреплять доверие к сигналам, будут лишь путать оператора и снижать его доверие к показаниям основного индикатора.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕНСОРНЫХ ПОДКРЕПЛЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИЛЛЮЗИИ ДВИЖЕНИЯ

У обучающегося оператора, управляющего тренировочной моделью (или у испытуемого на экспериментальной модели транспортного средства), можно создать иллюзию движения транспортного средства. Этого можно добиться без фактического движения модели путем соответствующего сочетания и последовательного воздействия на человека зрительных, слуховых и тактильных раздражителей. Например, иллюзия движения самолета направо создается в неподвижной модели кабины сдвигом зрительно воспринимаемых (в окне перед оператором) предметов влево с одновременной легкой вибрацией сидения. При этом центр вибраций несколько сдвигается, имитируя действие дополнительного давления, обычно появляющегося при повороте самолета, когда на человека действуют центробежные силы.

акустические индикаторы

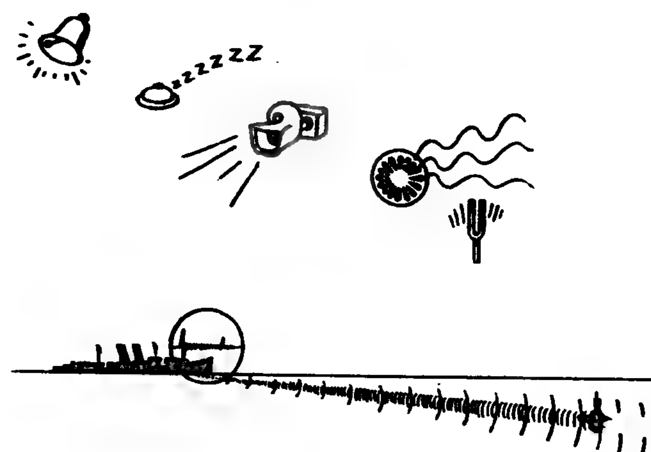
КОГДА СЛЕДУЕТ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ АКУСТИЧЕСКИМИ ИНДИКАТОРАМИ?

Когда зрительный канал оператора перенасыщен информацией.
Когда условия общего освещения затрудняют наблюдение и делают его ненадежным.
Когда важные задачи, выполнение которых связано со зрительным восприятием, требуют непрерывного наблюдения и одновременно необходимо получать новую информацию.
Когда зрительное обнаружение сигнала (в условиях порогового зрения) требует подкрепления.

КОГДА НЕ СЛЕДУЕТ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ АКУСТИЧЕСКИМИ ИНДИКАТОРАМИ?

Когда уровни общего шума близки к максимально допустимым («уровень дискомфорта») или превышают их.
Когда принимается слишком много других акустических сигналов.
Когда собственный шум машин, электронного оборудования и т. д. близок по характеру к звуку предлагаемого акустического индикатора.

Конструкторы еще далеко не используют всех возможностей акустических индикаторов. Однако опыт употребления звуковых сигналов в сочетании со зрительными показал решительное превосходство такого сочетания перед использованием сигналов одной модальности. Главное преимущество акустических сигналов состоит в том, что оператор может действовать в соответствии с получаемой информацией, не оборачиваясь лицом к источнику сигнала. Рекомендации, приведенные выше относительно применения акустических индикаторов, подлежат, конечно, уточнениям в зависимости от конкретных обстоятельств. Человек очень тонко отличает звуки, несущие информацию, от посторонних звуков. Его слух идеально приспособлен для различения полезных сигналов на фоне постороннего шума. Однако при использовании акустических индикаторов необходимо применять специальные меры предосторожности. Одновременное восприятие большого числа звуков различного характера путает слушателя: он может невольно прислушиваться к одним, пропуская другие.



ТИПИЧНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ

РЕЧЕВЫЕ СИГНАЛЫ:

однословные предупреждения;
стандартные сообщения;
импровизированные сообщения.

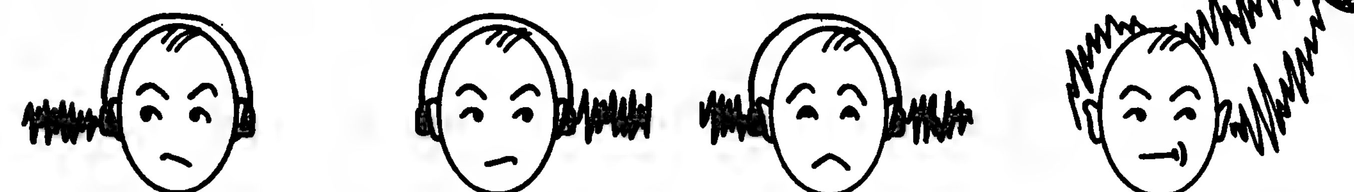
НЕРЕЧЕВЫЕ СИГНАЛЫ:

звонок;	сирена;
зуммер;	музыкальный тон
гудок;	и т. д.

СЛОЖНЫЕ И СМЕШАННЫЕ СИГНАЛЫ

Тон и речь (с частичной накладкой друг на друга); модулированные (обычно по высоте) звуки; прерывающиеся (периодически, ритмически) звуки; искаженные звуки (ограничения полосы пропускания, зарезание частот и т. д.).

Звуковые сигналы могут передаваться различными способами — непосредственно через воздушную среду, с помощью громкоговорителя или наушников. Может быть желательно подавать сигнал только в одно ухо (монауральной) или одновременно в оба уха (бинауральной). Если используются наушники, можно подавать один сигнал в одно ухо, а совершенно другой сигнал — в другое или же смешивать их.



ЗВУКОВЫЕ ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ

Такие сигналы должны быть:

— легко слышимы на фоне шума или другого звукового сигнала (по возможности они должны быть не менее чем на 10 *дб* выше уровня общего шума);

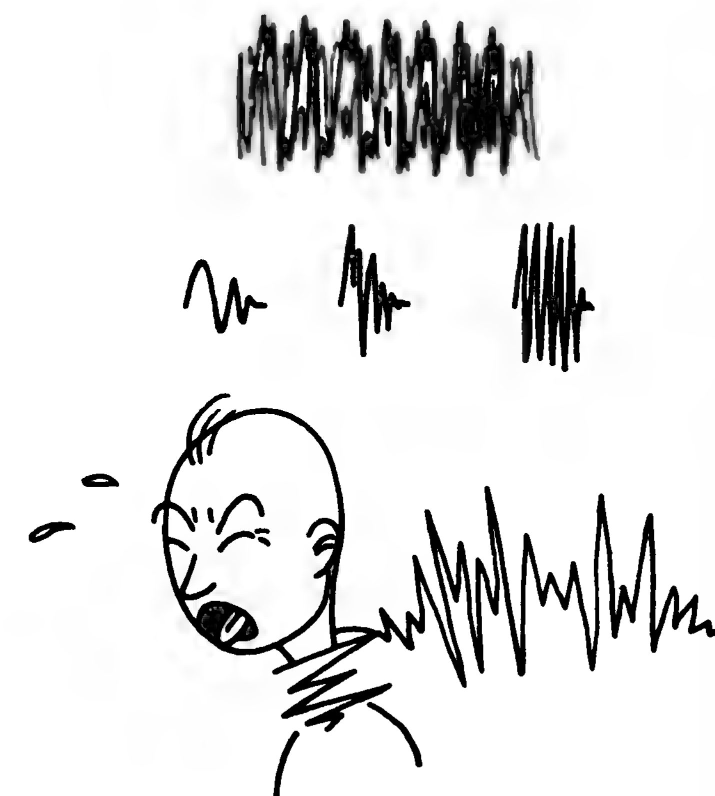
— отличимы от других звуковых сигналов и один от другого;

— совместимы и сопоставимы с другими стандартными сигналами, которыми уже пользуются;

— привлекающими (и удерживающими) внимание, однако без ущерба для других чувствительных или важных рабочих функций;

— немаскирующими, т. е. не заслоняющими собой другие звуковые сигналы, одинаково важные для выполнения задачи;

— снабженными автономными источниками питания на случай аварийной ситуации.



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ЗВУКОВЫХ ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ

ЦЕЛЬ	РЕКОМЕНДАЦИИ
Обеспечение слышимости при высоком уровне шума	Сосредоточьте энергию сигнала в пределах узкой полосы частот, в которой шумовой фон или побочные звуки наиболее низки. Поддерживайте отношение сигнала к шуму равным по крайней мере 5:1 и, если возможно, мощность сигнала у рецептора приблизительно на уровне 300 *мвт*. Предусмотрите наушники или шлем (или и то, и другое), чтобы как можно больше ослабить влияние общего шума. Используйте повторные сигналы (с выключающим органом управления) и предусмотрите автоматическую регулировку усиления, чтобы сохранить надлежащее отношение сигнала к шуму при изменении шумового фона. Используйте шумопоглощающие микрофоны. Предусмотрите задержку подачи сигнала на один из наушников на 0,01 *сек* по сравнению со вторым или поставьте фазоинвертор для улучшения эффективности слухового восприятия
Быстрая реакция оператора	Подавайте короткий сигнал. Если используется звукозапись, предусмотрите короткий (0,5 *сек*) сигнал внимания перед передачей сообщения, чтобы слушатель оказался подготовлен к восприятию первого слова сообщения
Уменьшение раздражающего действия	Предусмотрите автоматически восстанавливающуюся систему выключения сигнала, но без регулировки уровня сигнала!
Предотвращение маскировки предупредительными сигналами других звуковых сигналов	Подавайте предупредительный сигнал в одно ухо, а другой звуковой сигнал (который он мог бы маскировать) — в другое ухо. Предусмотрите чередование в подаче этих сигналов (с частотой 2—3 раза в 1 секунду). Избегайте использования частот, которыми обычно пользуются для связи, навигационных целей и т. д.
Снижение возможности спутывания сигналов	Избегайте использования предупредительного сигнала с такими характеристиками, что его можно спутать с навигационными сигналами, электрическими помехами, сигналами радио или радара, сигналами противоположного смысла и т. д.
Способ передачи	Когда это возможно, предупредительные сигналы должны посылаться через систему, отличную от других систем речевой коммуникации. (См. рекомендации по конструированию приемных устройств и наушников.)

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ И НАУШНИКОВ

Электрическая мощность источника питания должна быть достаточна, чтобы обеспечить пиковый уровень звукового давления 131 *дб* при использовании двух наушников.

Динамический диапазон регулировки усиления должен быть достаточен, чтобы интенсивность полезного сигнала могла на 15 *дб* превышать интенсивность шума.

Должно быть предусмотрено понижение уровня сигнала на участках ниже 500 и выше 4000 *гц*, если это приводит к чрезмерному возрастанию средней интенсивности звукового сигнала.

Должно быть предусмотрено согласование частотных характеристик микрофона (трубки) и телефона (наушников) в диапазоне между 300 и 4000 *гц*, чтобы избежать случайных искажений.

Для компенсации высотного эффекта в кабинах самолетов используется система регулировки усиления, управляемая датчиком давления.

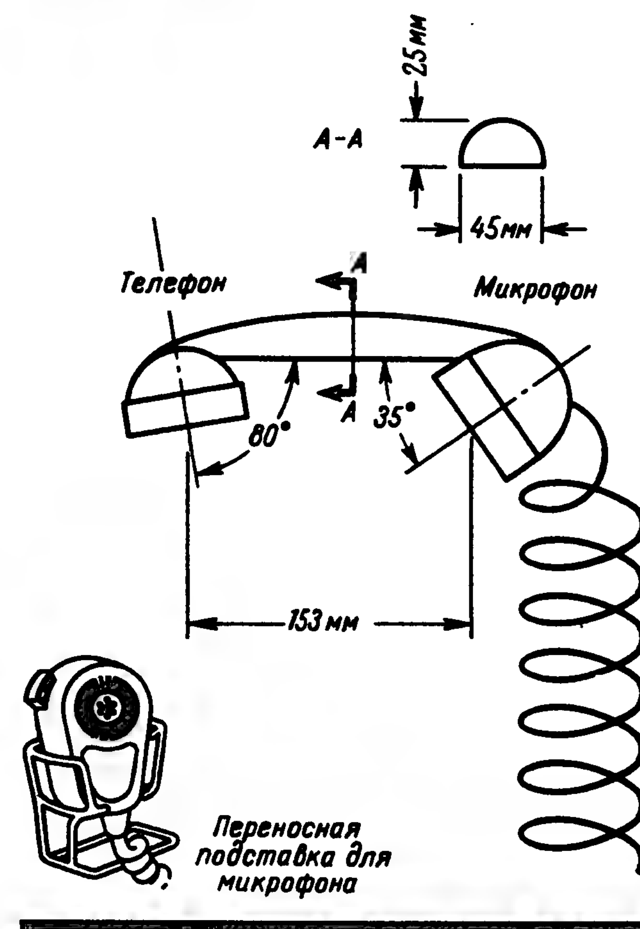
(Рекомендации Корнеллской авиационной лаборатории [7].)

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЗВУКОВЫХ ИНДИКАТОРОВ

РУЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

При выборе элементов звуковой индикации, которые оператору приходится держать в руке, таких, как телефонная трубка или микрофон, следует учитывать совокупность специфических требований, предъявляемых к оператору при выполнении данного задания. Важно, например, знать, какой рукой оператор будет держать прибор и будет ли у него вообще свободна рука для этого. Прежде чем проектировать оборудование, удостоверьтесь в том, что оператор сможет им пользоваться. Когда же выбор сделан, вы должны задуматься над размерами и формой оборудования, чтобы оператору удобно было держать прибор и он мог эффективно пользоваться им.





Ручной микрофон или телефонная трубка должны быть удобны для обхвата рукой средних размеров. Избегайте пользоваться угловатыми конструкциями, если только они не снабжены специальными ручками, так как они неудобны при длительном пользовании и не позволяют оператору надежно удерживать прибор.

Применение неперекручивающихся или самосокращающихся шнуров помогает избежать некоторых неудобств, снижающих эффективность действий оператора. Задержки, вызываемые запутанным телефонным или микрофонным шнуром, могут стоить жизни во время аварии самолета.



Телефонная и микрофонная части трубки должны располагаться на рукоятке так, чтобы, когда оператор плотно прикладывает телефон к уху, микрофон оказывался прямо перед ртом, на минимально возможном расстоянии от него.

Нажимные включатели микрофонной части трубки должны располагаться на рукоятках так, чтобы ими было удобно пользоваться как правой, так и левой рукой.



Если руки оператора заняты выполнением других заданий, снабжайте оператора такими устройствами, как микрофон, прикрепленный к наушникам и включающийся при помощи ножного управления. Такие микрофоны особенно удобны для оператора, которому приходится постоянно менять положение головы, как, например, при слежении за самолетом из башни наблюдателя за воздухом.

NataHaus

НАУШНИКИ

Наушники следует конструировать так, чтобы как можно больше снизить воздействие внешнего шума на слуховой рецептор. Для этой цели служат упругие прокладки (подушки) и вкладыши.

Подушки наушников должны точно прилегать к голове. Такие материалы, как губчатая резина, покрытая замшей, вполне подходят для этой цели.



Ушная подушка должна закрывать внешнее ухо, не оказывая на него давления. В углублении подушки должно быть минимальное количество воздуха.

Скрепляющая наушники пружина должна быть такой, чтобы не вызывать ощущения дискомфорта своим весом, сосредоточенным давлением или в результате контакта металла с поверхностью кожи. Наушники должны легко сниматься, но в то же время пружина должна прочно удерживать их на месте.

ПРИМЕЧАНИЕ. Головной телефон с одним наушником часто бывает плохо подогнан к голове. В этом случае предлагается использовать две сходные подушки, одна из которых открыта для внешнего звука; это лучше, чем использование неравновесного крепящего устройства.

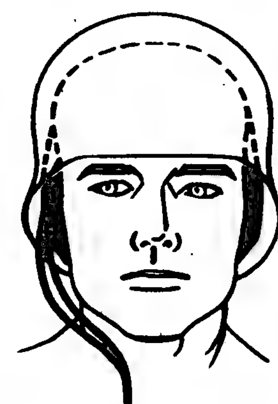
Специальная конструкция слуховых аппаратов может потребоваться в тех случаях, когда другие детали снаряжения или одежды мешают правильному расположению обычного слухового прибора.



Микрофоны, размещаемые внутри кислородных масок, сочетают преимущества изоляции от шума и свободного использования рук. Такая система, подобно другим типам шумоизоляции, усиливает низкие частоты, сообщающие звуку «гулкость». Важной задачей при конструировании переговорных устройств является преобразование низкочастотных характеристик микрофона таким образом, чтобы они совпадали с соответствующими акустическими характеристиками маски.

NataHaus

Для наушников, употребляемых под форменным стальным шлемом, применяется специальный тип прокладок. Такое же решение в применении к телефонной трубке показано на иллюстрации справа.



Плохо



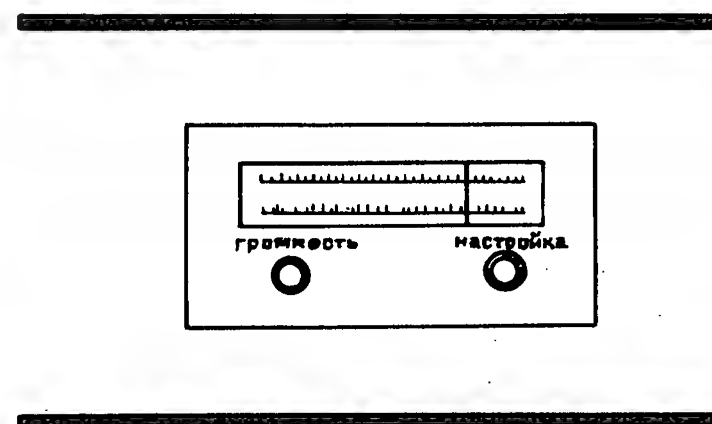
Предпочтительно



ПРИЕМНИКИ И СЕЛЕКТОРЫ

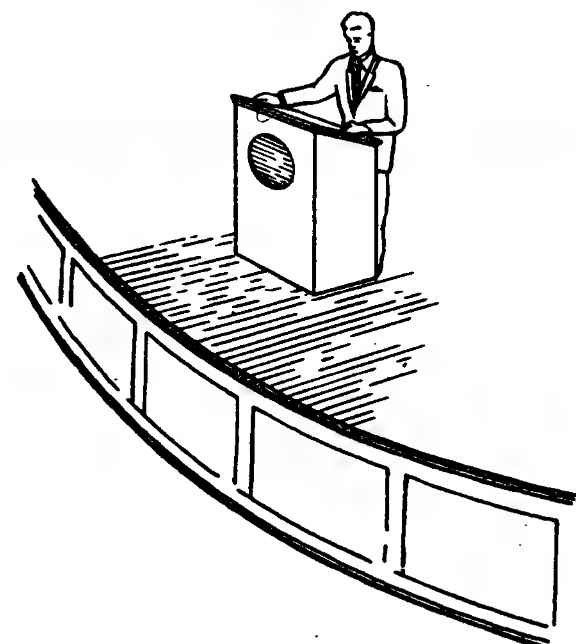
При компоновке органов управления для типового переговорного устройства следует помещать ручку настройки или выбора станции по правую руку, а ручку регулятора громкости — по левую руку.

Панели станций внутреннего сообщения должны быть сконструированы так, чтобы на них было достаточно места для обозначения всех переговорных пунктов. Хотя это и кажется очевидным требованием, им часто пренебрегают.



РЕПРОДУКТОРЫ

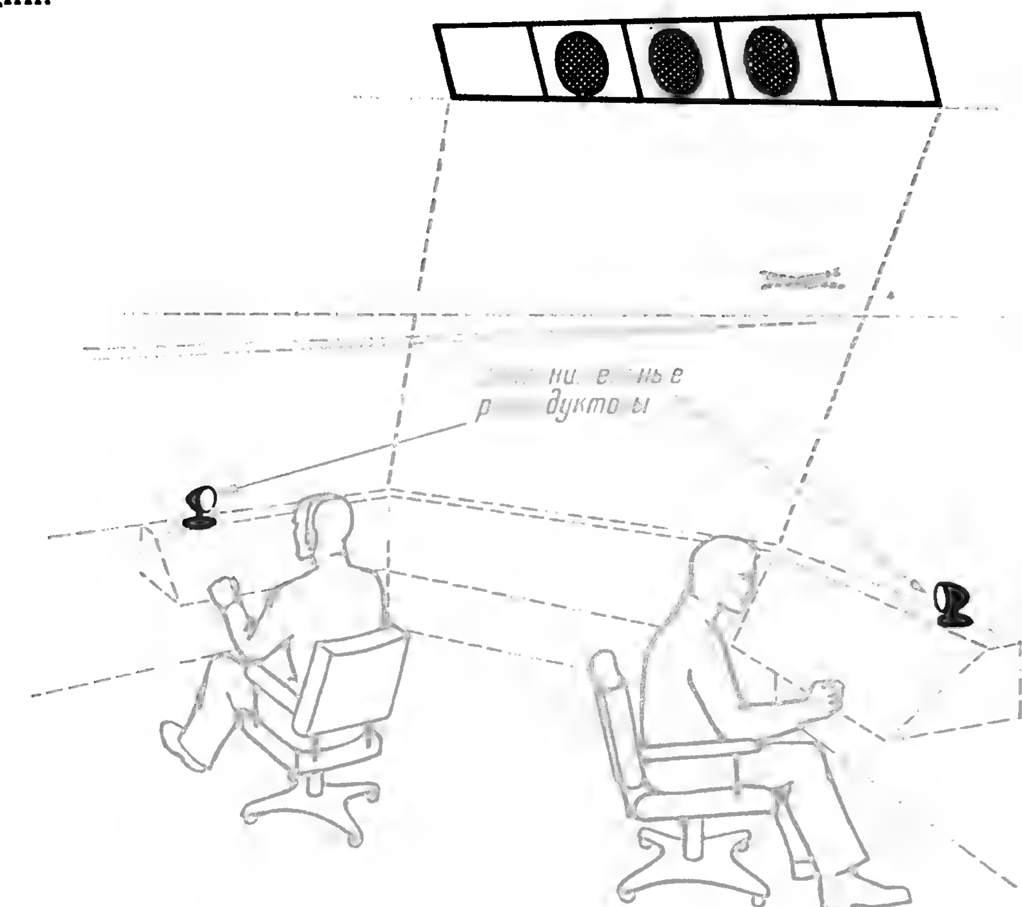
Репродукторы для аудиторий должны располагаться таким образом, чтобы звук казался исходящим от оратора. В очень больших аудиториях слушатели находятся обычно далеко от сцены, так что репродукторы, расположенные над сценой и по обе стороны от нее, вполне удовлетворяют этому требованию. Однако в малых аудиториях лучше размещать репродуктор в самой кафедре лектора, как показано на иллюстрации.



Расположение репродукторов должно быть, как правило, таким, чтобы звук был направлен на слушателей.

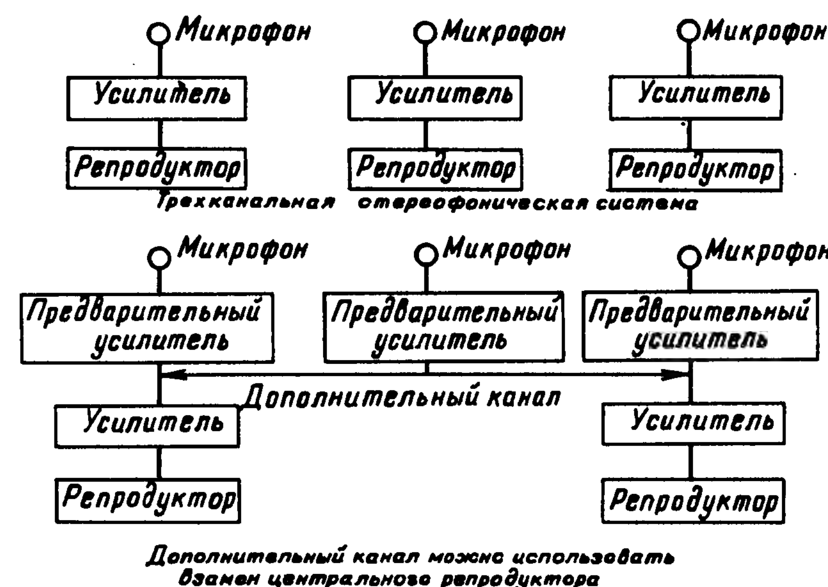
Репродукторы должны нормально помещаться впереди предполагаемых слушателей и приблизительно на уровне их головы или немного выше, если имеется в виду только один слушатель. Главным основанием для такой рекомендации является тот факт, что слушатель невольно будет поворачиваться к источнику звука и поэтому может придать своему телу положение, неудобное для выполнения других операций. Однако это не твердое правило, поскольку оператор может слышать одинаково хорошо, в каком бы направлении от него ни был расположен репродуктор, если только репродуктор направлен в его сторону.

Когда разные сообщения поступают одновременно, как, например, при радиосвязи с самолетами на башне контроля за воздухом, для лучшего различения каналов необходимо устанавливать несколько репродукторов. Горизонтальное расположение репродукторов (желательно размещение их в горизонтальной плоскости на угловых расстояниях не менее чем в 10°) более эффективно, чем вертикальное. Однако вертикальное расположение может быть полезным при специальной системе размещения дополнительных репродукторов. В этом случае наряду с некоторым количеством горизонтально расположенных репродукторов устанавливается репродуктор непосредственно над оператором. Информация, поступающая от этого репродуктора, легко опознается оператором, поскольку он расположен ближе к рабочему месту оператора. В многоканальных системах при наличии большого числа репродукторов полезно также предусматривать различные тембры звука у отдельных громкоговорителей, что облегчает слушателю локализацию источников информации.

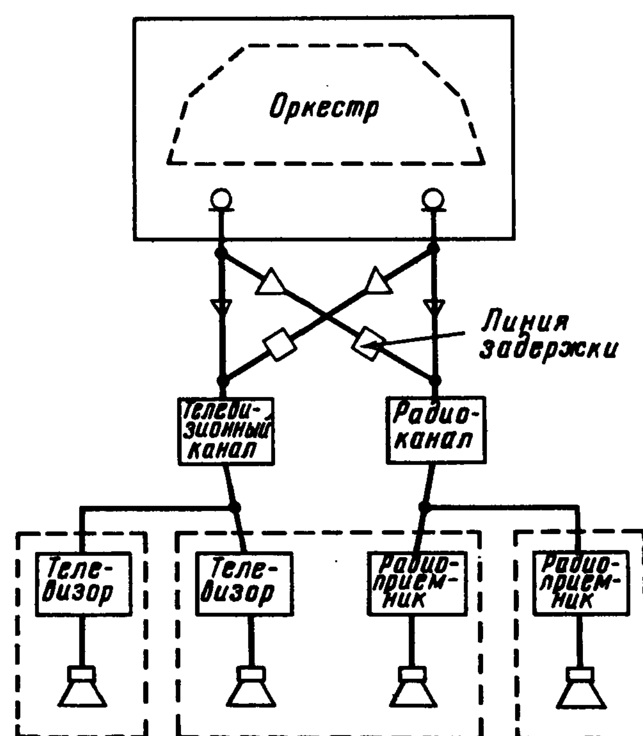


При конструировании систем звуковой индикации, предназначенных для многих слушателей, особенно для больших аудиторий, возникает необходимость в более качественном воспроизведении звука. Наиболее подходит для этой цели стереофоническая звуковая система. В других, более обычных случаях голова оратора должна быть на высоте от 3 до 4,5 *м* над полом аудитории. В помещениях с сильной реверберацией звука желательно использовать несколько маломощных настенных репродукторов, расположенных так, чтобы избежать накладок звука в разных точках помещения. В помещениях с хорошими акустическими свойствами вполне достаточно одного мощного репродуктора, расположенного над центром сцены.

Предостережение. Усиление, даваемое системой, не должно быть настолько большим, чтобы слушатели ощущали его. Это усиление должно быть только в речевой части спектра (с ограничением около 250 *гц*).

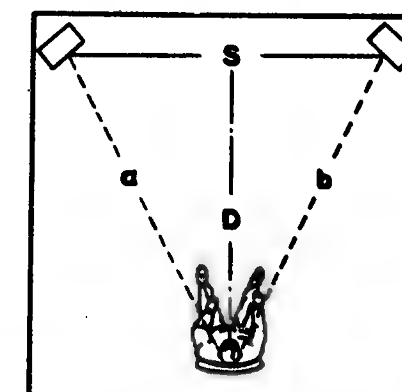


СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ



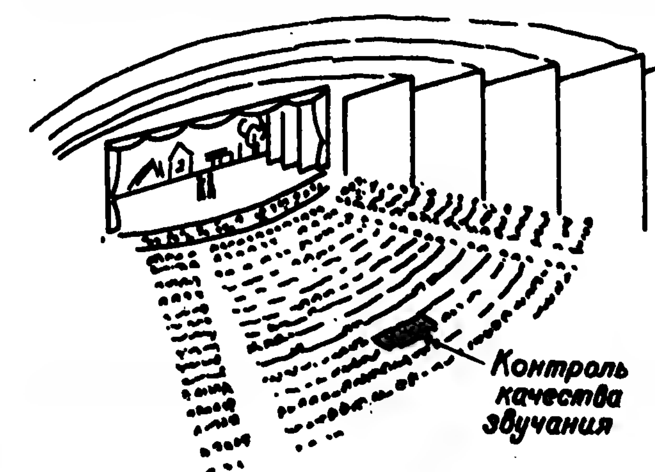
Акустическая система, основанная на психоакустическом явлении, известном как «эффект предшествования», работает таким образом, что один и тот же звук, воспроизводимый двумя репродукторами с разницей во времени 10 *мсек*, будет услышан так, как будто он исходит только из репродуктора, из которого он дошел до слушателя первым. Слушателю будет казаться, что второй репродуктор молчит, потому что он дает звук приблизительно на 8—10 *дб* более слабый, чем звук из первого репродуктора. Благодаря перекрестным связям (как показано на чертеже) сигналы от левого микрофона передаются прямо на левый репродуктор, в то время как тот же звук достигает правого репродуктора с некоторым запаздыванием, пройдя через линию задержки. Слушателю кажется, что звук приходит непосредственно от каждого репродуктора, чем достигается максимальный стереофонический эффект.

Расположение репродукторов для создания оптимального стереофонического эффекта основано на отношении расстояния между репродукторами (*S*) к расстоянию *D* (см. рисунок справа). Расстояния от каждого громкоговорителя до слушателя (*a* и *b*) должны быть приблизительно одинаковы и желательно равны *S*.



КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ

Контроль и регулирование акустических систем являются очень важной, но часто недооцениваемой задачей. Цель регулирования акустической системы состоит, естественно, в обеспечении наилучших условий слышимости для аудитории. Однако в слишком многих случаях звукоконтрольная установка не управляется человеком или располагается в таком месте, где оператор не может судить о том, что происходит в аудитории. На самом же деле оператор должен так располагаться относительно репродукторов, чтобы иметь возможность хорошо слышать звук, исходящий от каждого репродуктора. Это позволит ему более точно сбалансировать эффект всей системы.



В последнее время в разнообразных ситуациях, где желательно снабдить отдельными репродукторами всех слушателей, применяются специальные акустические системы. Это делается либо при необычной конфигурации помещения, либо при повышенном уровне шумового фона. Типичным примером является современный пассажирский самолет. Простейший способ решения задачи состоит в том, чтобы поместить репродукторы как можно ближе к слушателям. Одна фирма снабжает, например, репродукторами каждый ряд сидений, другая помещает индивидуальный репродуктор на задней стенке каждого сиденья. Подобные способы позволяют обеспечивать слышимость на каждом месте даже при небольшой интенсивности звука и высоком уровне шума.



конструирование органов управления

При конструировании и подборе органов управления приходится учитывать целый ряд важных факторов, влияющих не только на общую эффективность действий оператора, но нередко и на скорость и точность выполнения критических операций. Типичными факторами, которые следует учитывать, являются:

размер;

форма;

расположение;

направление движения;

амплитуда движения;

траектория движения;

сопротивление;

отношение величины перемещения органа управления к величине перемещения указателя индикатора;

воздействие температуры, вибрации и т. п.;

положение тела оператора;

ограничения, накладываемые на движения оператора одеждой.

УЧЕТ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

Холод	Низкие температуры ведут к окоченению рук оператора, что понижает ловкость его движений. Перчатки или рукавицы обусловливают специфические трудности и требуют наличия большего расстояния между органами управления
Высота	Тяжелая и громоздкая специальная одежда, компенсирующая перепад давлений, понижает общую подвижность и ловкость движений оператора
Вибрация	Вибрация и механические колебания понижают точность действий, порождают неравномерность в манипулировании органами управления, требующими плавных непрерывных движений
Ускорение	Ускорение и перегрузка могут помешать оператору приложить силу, на которую он способен в обычных условиях. Пределы досягаемости предметов для него могут быть также сильно ограничены
Жара	При жаре вообще понижается тонус человека, а следовательно, и его физические возможности. Выделяющийся пот может усугубить трудности
Освещение	Если оператор плохо видит из-за недостаточного освещения, он допускает больше ошибок и медленнее работает
Одежда	Ограничения движений, вызываемые одеждой, заплечными ремнями или креплениями сидений, могут затруднить дотягивание до органов управления и манипулирование ими
Положение тела оператора	Подвижность оператора, связанная с его положением (стоит он или сидит), влияет на выбор и расположение органов управления
Невесомость	В состоянии невесомости оператор теряет способность сохранять постоянное положение своего тела; дополнительная энергия, которую он затрачивает на это, может чрезмерно утомить его
Общая безопасность	Неправильное расположение органа управления может при случае привести к ранению оператора или окружающего персонала. Возможность падения или удара об орган управления, когда человек проходит мимо, должна учитываться как при конструировании органов управления, так и при их расположении

Во многих рекомендациях, которые приводятся ниже, имеются требования, обязательные для всех конструкторов. Другие приводимые данные не оказывают сильного влияния на деятельность оператора, однако потребитель воспримет продукцию охотнее, если в процессе конструирования эти предложения будут приняты во внимание.

Мы не в состоянии, конечно, предугадать все новые возможности, открывающиеся перед конструктором. Если возникают сомнения относительно того или иного нового конструктивного решения, полезно создать макет и провести его всесторонние испытания с использованием представительной группы людей и с учетом надлежащих факторов и условий среды, перечисленных выше. Испытательные макеты должны правильно отражать все динамические характеристики реальной операции: диапазон требуемых движений, расположение элементов контроля и управления, требуемые усилия и т. д. Если предусмотрены использование перчаток или работа в необычных условиях, это также должно быть представлено при испытании на макете.

NataHaus

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ

ОБОСНОВАННЫЙ ПОДБОР ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РАБОЧЕЙ ОПЕРАЦИИ

ФУНКЦИЯ	ПРИМЕНЕНИЕ	ВИД ОРГАНА УПРАВЛЕНИЯ	КОНСТРУКТИВНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ	ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ
Выбор между двумя альтернативами	Пуск и остановка оборудования Последовательность включений и выключений Подача срочного сигнала	Тумблер Переключатель с рукояткой Нажимная кнопка Ножной включатель Пушпульная схема Триггер Скользящие круговые переключатели и др.	Щелчок при переключении Зрительно хорошо различимые положения органа управления	Естественное направление движения Рациональный расчет усилий Правильное расположение Форма, удобная для захвата
Выбор между тремя (или больше) вариантами	Задание режимов работы оборудования Выбор каналов связи Выбор диапазонов	Переключатель с указателем фиксированных положений Тумблер, переключатель с рукояткой	Фиксация положения	То же, что и выше
Точное регулирование	Непрерывное регулирование параметра Тонкая подстройка или калибровка	Круглая ручка	Плавность выполнения операции Небольшое трение	То же, что и выше (плюс совместимость движения органа управления с движением указателя прибора)
Грубое регулирование	Непрерывное регулирование (например, дроссель или акселератор) Изменение характеристик канала Водопроводный кран	Круглая ручка Рычаг управления Педаль Штурвал	Плавность выполнения операции Умеренное трение	То же, что и выше
Быстрая установка величины параметра	Например, установка электронного указателя курса	Коленчатая рукоятка Тумблер или переключатель с рукояткой (приводящий в действие электрический привод)	Плавность выполнения операции Трение от небольшого до умеренного, в зависимости от размера органа управления (в случае применения коленчатой рукоятки)	То же, что и выше (плюс оптимальная скорость движения указателя прибора)
Приложение большого усилия	Торможение Рулевое управление	Рычаг управления Штурвал Педаль Рулевой рычаг	Оптимальные размеры	То же, что и выше
Многоступенчатая (непрерывная) установка	Положение и ориентация транспортного средства Снятие показаний электронного прибора	Рычаг управления Сочетание штурвала с рычагом управления Пантограф Рукоятка пневмоклапана	Плавность выполнения операции Трение от небольшого до умеренного Оптимальные размеры Оптимальное смещение органа управления	То же, что и выше (плюс совместимость движения органа управления с движением указателя прибора, самоцентровка и отсутствие перекрестного влияния различных движений)

Оператор может приводить в действие органы управления различными частями своего тела и различными способами. Некоторые части тела, например конечности, обеспечивают большое усилие и высокую точность движений, причем их функционирование менее подвержено возмущениям со стороны внешней среды. Кроме того, некоторые способы действий рассчитаны так, что они слабо зависят от погрешностей человека, включенного в цепь управления. Ниже коротко перечисляются некоторые наиболее типичные требования к действиям человека.

ТОЧНОСТЬ. Движения пальцев, как правило, отличаются большой точностью, что объясняется не только их гибкостью, но и независимостью движений каждого пальца. Однако максимальная точность движений пальцев, вообще говоря, достигается лишь после значительного периода обучения и тренировки.

СИЛА. Максимальное усилие может быть развито человеком при использовании органов ножного управления, если он имеет возможность опереться на удобную спинку, причем сиденье должно ограничивать боковые перемещения тела человека. Следующим по величине развиваемого усилия является действие рук совместно с туловищем, опирающимся на спинку сиденья. В обоих случаях, однако, амплитуда движений ограничена.

УСТОЙЧИВОСТЬ ОПЕРАТОРА ПО ОТНОШЕНИЮ К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ. Для устойчивости ручного управления по отношению к таким факторам, как вибрация, требуется изоляция оператора от влияния вибрации или создание надежного упора для него. Вообще говоря, при ручном управлении оператор вполне способен сохранять достаточную устойчивость.

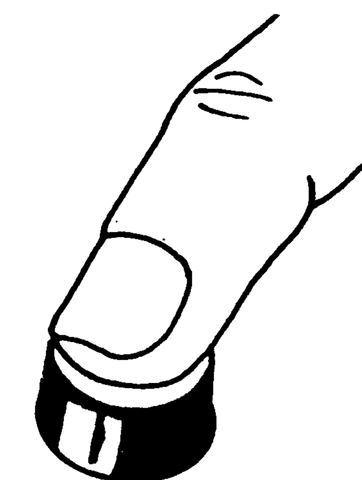
СНИЖЕНИЕ ДО МИНИМУМА ПОГРЕШНОСТЕЙ, ВНОСИМЫХ ЧЕЛОВЕКОМ В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ. Неустойчивость или характерные колебания, вносимые самим оператором в систему управления, могут быть уменьшены специальным построением операций управления. В этих операциях должна использоваться объединенная скелетно-мускульная система человека: туловище, конечности и кисти рук. Стабилизация обеспечивается благодаря эффекту демпфирования. Однако это обычно требует движений с широкой амплитудой, чему может воспрепятствовать ограниченность рабочего пространства. Регулирующие движения человека всегда должны строиться с учетом природной асимметрии естественных движений оператора.

КНОПКИ

КНОПКИ, НАЖИМАЕМЫЕ УКАЗАТЕЛЬНЫМ ПАЛЬЦЕМ

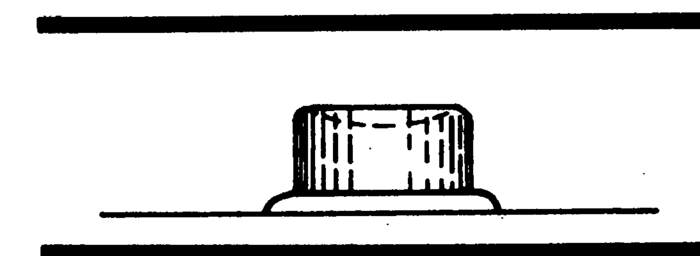
Предпочтительные размеры кнопки:
- диаметр 12 *мм* (минимум 6 *мм*);
- ход 3 *мм* (максимум 6 *мм*);
- усилие 0,15—0,3 *кг* (может быть повышено до 0,6 *кг* для снижения вероятного случайного включения).

Расстояние от других органов управления должно быть по крайней мере 20 *мм* (25 *мм* при работе в перчатках).

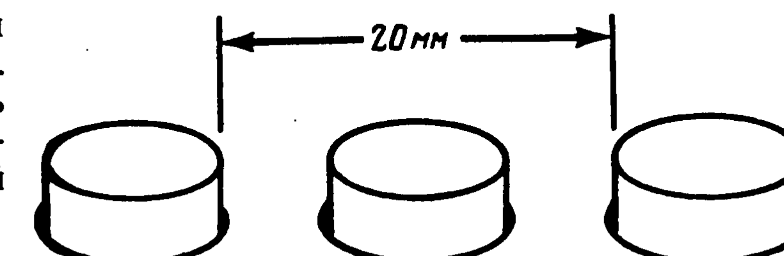


Нажатие кнопки должно сопровождаться преодолением упругого сопротивления (которому способствует небольшое трение), незначительного вначале, но быстро нарастающего и заканчивающегося щелчком, указывающим на состоявшееся переключение.

«Щелчковый эффект» не должен быть очень большим, если на кнопку приходится многократно нажимать в течение продолжительного периода времени.



Рекомендуется делать верхнюю поверхность кнопки вогнутой для облегчения фиксации пальца на кнопке.

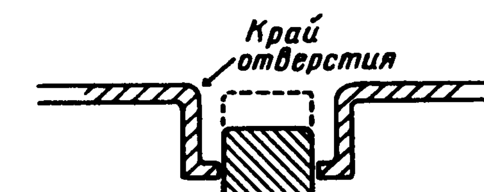


Выступающие кнопки могут располагаться в ряд довольно близко друг от друга. Однако кнопки, соответствующие разным функциям, должны находиться достаточно далеко друг от друга, чтобы при выборе одной кнопки не оказалась случайно нажатой соседняя. Круглые кнопки не рекомендуется применять для операций, совершаемых одновременно несколькими пальцами (об этом типе операций см. стр. 2-96 и 2-97).

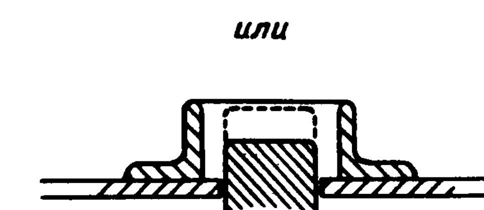




Для различных операций могут быть эффективно использованы плоские кнопки. Особенно удобны те из них, которые имеют акустическую обратную связь, подтверждающую возникновение электрического контакта. Примером может служить обычный дверной звонок:
- диаметр 12 *мм* (16 *мм* при работе в перчатках);
- ход 2 *мм* (приблизительно);
- усилие до 0,17 *кг*.

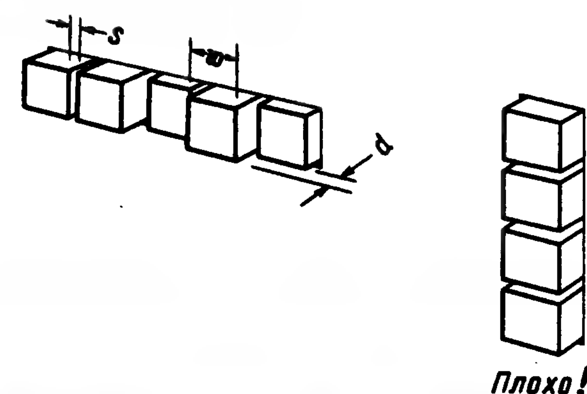


или



Расстояние от кнопки до других органов управления должно составлять по крайней мере 20 *мм* (25 *мм* при работе в перчатках).

Кнопки могут быть утоплены для предупреждения случайного нажатия. Надо следить за тем, чтобы расстояние между краем кнопки и краем гнезда не было чересчур большим, иначе палец может застревать в образующейся между ними щели. Например, для кнопки диаметром 12 *мм* отверстие должно быть диаметром не более 18 *мм*. Если операция выполняется человеком в перчатках, кнопка должна иметь диаметр не менее 18 *мм*, а отверстие — диаметр приблизительно 30 *мм*.



КНОПКИ, НАЖИМАЕМЫЕ НЕСКОЛЬКИМИ ПАЛЬЦАМИ

Вообще говоря, кнопки, предназначенные для нажатия разными пальцами, должны быть по форме ближе к квадрату, чем к кругу, чтобы предупредить проскальзывание пальцев между кнопками. Эти кнопки следует мыслить себе как бы клавишами рояля.

Предпочтительные размеры:

$w = 18$ *мм*; $s = 2$ *мм*; $d = 6$ *мм*;

сопротивление $= 0{,}02 - 0{,}15$ *кг*.

Рекомендуемые прочие размеры для клавиатуры пишущих машинок и конторских счетных машин:

$C - C_w = 18 - 20$ *мм*; $C - C_v = 18$ *мм*;

$d = 3 - 9$ *мм*; $s = 6 - 10$ *мм*.

Вогнутая форма поверхности клавиши позволяет надежно фиксировать положение пальца.

Размещение перегородок между клавишами сводит до минимума случайное нажатие на соседние клавиши. Предпочтительная высота таких перегородок составляет приблизительно 2,5 *мм*. Однако и при 6 *мм* она не мешает нормальному выполнению операции. Если оператор в перчатках, последний размер перегородки предпочтительнее.

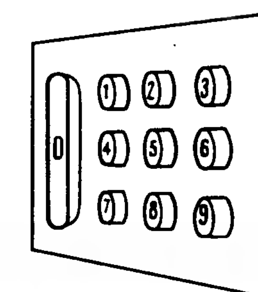
На кнопки квадратной и прямоугольной формы удобнее наносить знаки, чем на круглые кнопки. В отношении удобства выполнения операции переключения между ними нет особой разницы. Иногда можно использовать кнопки разной формы для их быстрого различения, причем для особо важных рабочих операций можно устанавливать большие круглые кнопки, а для всех других операций использовать квадратные или прямоугольные кнопки.

ТАБУЛЯТОРЫ И КАЧАЮЩИЕСЯ КЛАВИШИ

Этот тип переключателей особенно удобен там, где важен зрительный контроль их положения. Они укрепляются так, что в положении «включено» оказываются заподлицо с поверхностью панели. Такие переключатели не следует располагать на горизонтальных поверхностях, чтобы избежать случайных переключений.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ

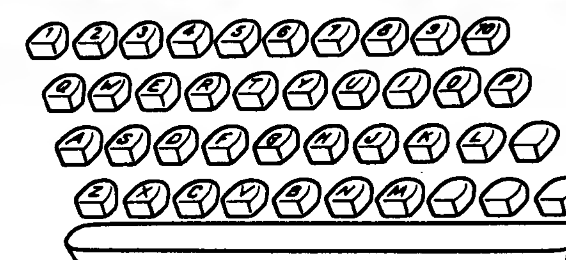
В соответствии с принципом функционального размещения кнопки должны по возможности располагаться в ряд в порядке, совпадающем с естественной последовательностью выполнения рабочих операций. Ниже следует несколько примеров, иллюстрирующих правильное решение задачи размещения.



Кнопки, нумерация которых характеризуется короткой, ясно выраженной цикличностью, следует располагать как клавиатуру, вплотную друг к другу. При этом все кнопки можно нажимать одной рукой.



При применении табулятора для сброса набранных чисел возникает вопрос, где его помещать. В том случае, если нажатие на табулятор является последней операцией, замыкающей некоторый ряд действий, расположение табулятора должно соответствовать этому последнему действию.

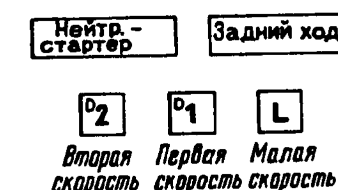


Заметьте, как каждый ряд сдвинут относительно прилегающих рядов.

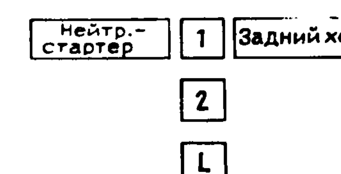
При работе на некоторых приборах, в том числе на пишущей машинке, приходится часто нажимать на планку табулятора. В этом случае планка должна помещаться так, чтобы человек мог ударять по ней большим пальцем, не меняя положения руки. Клавиатура пишущей машинки скомпонована достаточно удачно и может служить образцом для размещения рядов кнопок или клавишей.

Примером неудачного расположения клавишей является кнопочный переключатель скоростей на современных американских автомобилях:

ОБЫЧНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ



РАЗМЕЩЕНИЕ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ



ОШИБКИ:

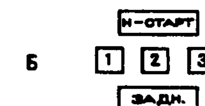
- Нет логической связи с последовательным нарастанием скорости
- Нет опоры на привычную связь направлений
- Нет логической связи с последовательностью операций

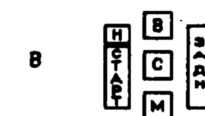
ПРИМЕНЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ:

- Кнопка, соответствующая начальной операции, помещена вверху слева, так как это обычно первое место, которое видит оператор при осмотре панели
- Бо́льшую часть времени автомобиль, как правило, идет на средней скорости (1), поэтому ее клавиша помещена в привычной для человека последовательности «слева — направо», второй после старта
- Задний ход — следующее наиболее часто употребляемое переключение, поэтому эта клавиша по тому же принципу «слева — направо» расположена правее средней скорости
- Возрастанию скорости от самой низкой до самой высокой соответствует привычное расположение органов управления снизу вверх
- 2-я и 3-я скорости следуют в привычном для человека порядке сверху вниз

12 Заказ № 492

А 

Б 

В 

Г 

ДРУГИЕ ВАРИАНТЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

- **Последовательность операций в обоих направлениях естественна для человека**
- **Операции управления движением вперед и назад естественным образом разделены**

Изменение обозначений помогает более четко выразить зависимость между высокой и низкой скоростью. Такое расположение подобно предпочтительному размещению кнопок, приведенному на предыдущей странице. Оно обеспечивает лучшее использование площади панели (если это обстоятельство критично), но при этом применяется вертикальное размещение слов, что представляется нежелательным.

В этом примере нейтральное положение включения соответствует «нейтральному» расположению в наборе кнопок.

Кнопки переключателей, с помощью которых управляют БОЛЬШИМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МОЩНОСТЯМИ, должны иметь значительные размеры, чтобы для преодоления обычного в этом случае повышенного сопротивления органа управления человек мог использовать большой палец или даже ладонь:

минимальный диаметр 20 *мм*;
максимальное сопротивление 2 *кг*.

Если кнопки нажимаются большим пальцем, минимальное расстояние между ними должно составлять по крайней мере 6 *мм*; если предполагается нажатие кнопок ладонью, они должны быть отделены друг от друга расстоянием не менее 150 *мм*.

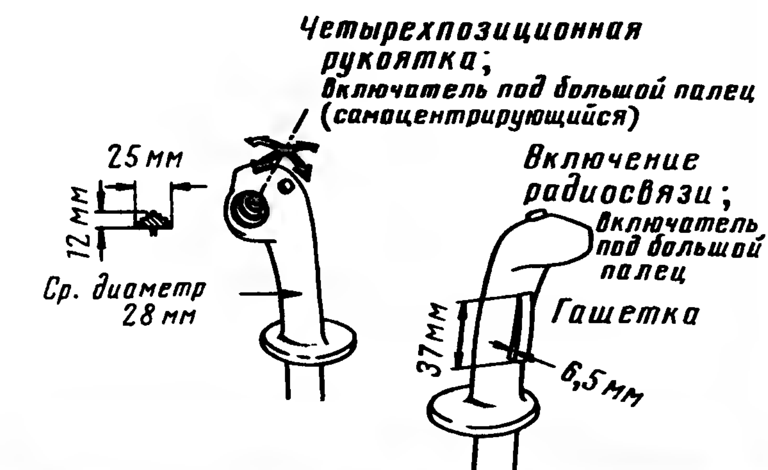
Поверхность кнопки может быть сделана слегка вогнутой и иметь насечку, как показано на рисунке, чтобы исключить возможность соскальзывания пальца. Глубина хода изолированной кнопки должна быть не менее 3 *мм*. Двухкнопочный переключатель должен иметь амплитуду перемещения по крайней мере 6 *мм*. Во всех конструктивных вариантах кнопок должен быть предусмотрен четкий щелчок при включении.

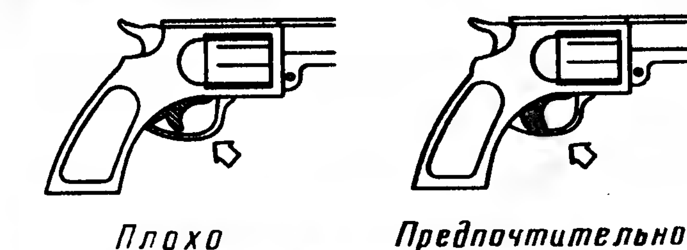
Расположение кнопок на рукоятках должно выбираться на основе многократных экспериментов, поскольку оптимальное их расположение зависит от целого ряда факторов — от размера рукоятки, ее формы, естественного положения руки на рукоятке, числа переключений, а также от того, каким пальцем будет нажиматься та или иная кнопка.

Кнопку, которая нажимается большим пальцем, располагайте на вершине рукоятки.

Если включение производится другими пальцами, используйте пластинку или планку. Число дополнительных переключателей, располагаемых на одной рукоятке, не должно быть больше трех. Спусковые приспособления, которые нажимаются указательным пальцем, должны быть закрытыми, чтобы исключить прищемление других пальцев рычагом спускового крючка.

ПРИМЕЧАНИЕ. При компоновке на рукоятках специальных переключателей, как показано выше, помните, что их положение должно быть иным в случае, если оператор работает в перчатках. Для определения правильного расположения настоятельно рекомендуется пользоваться макетом.

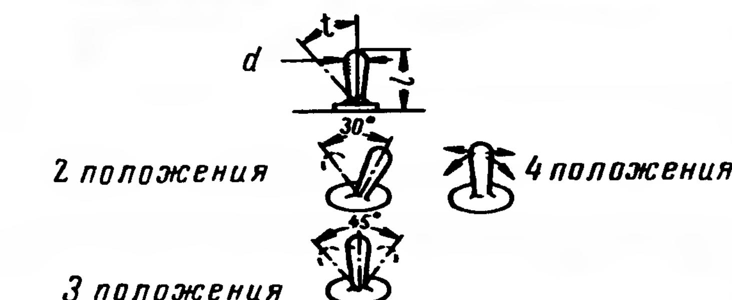




ТУМБЛЕРЫ

Рекомендуемые размеры:

t=15° (30° предпочтительнее);
d=6 *мм* (абсолютный минимум 3 *мм*);
l=12 *мм* (абсолютный минимум 9 *мм*, для руки в перчатке — 18 *мм*).



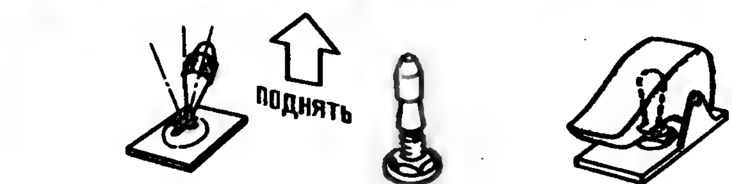
Сопротивление: от 0,17 до 0,7 *кг*. Необходимо добиться плавного изменения сопротивления, которое вначале возрастает, а затем при приближении к нужному положению снижается, так что орган управления «защелкивается» в нужном положении и не может остановиться между рабочими положениями.

Формы рычагов в порядке предпочтительности приведены на иллюстрации справа.

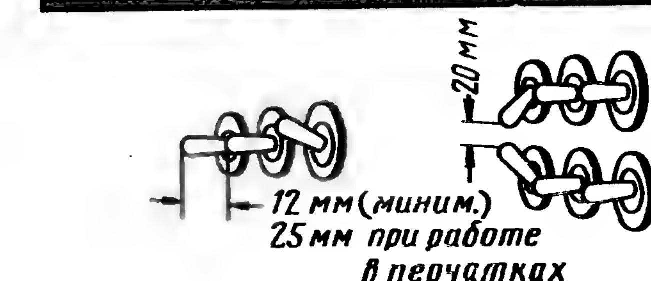


Когда требуется больше, чем два устойчивых положения тумблера, крайние положения должны отличаться друг от друга по крайней мере на 90°.

Если случайные переключения могут привести к серьезным последствиям, применяйте утопленный монтаж переключателей или защищайте их специальными крышками.

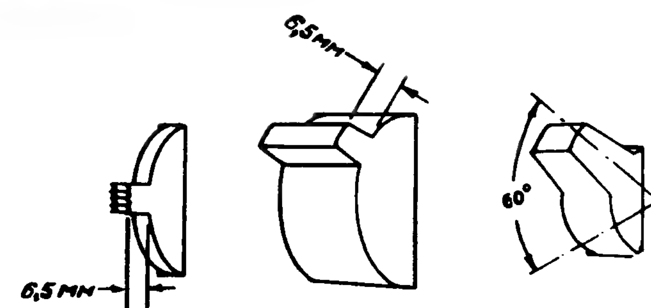


Плотность размещения тумблеров выбирается с таким расчетом, чтобы между ними было достаточно свободного места, когда их ручки обращены друг к другу.



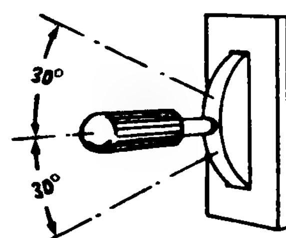
NataHaus

РАЗНОВИДНОСТИ ТУМБЛЕРОВ



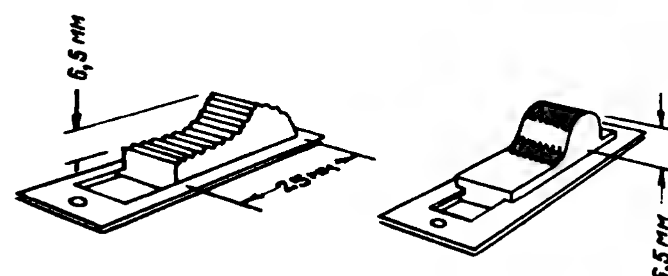
Тумблеры такого типа применяются обычно лишь в бытовых приборах. Они одинаково хорошо пригодны для включения как со щелчком, так и без щелчка.

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ С РУКОЯТКОЙ



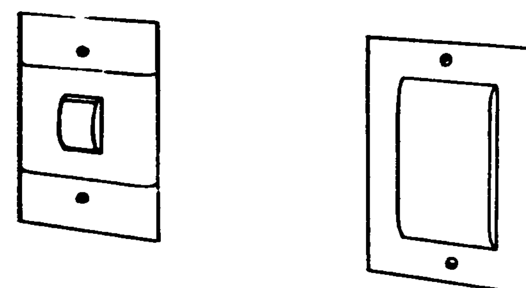
Там, где имеется достаточно места и переключатель часто используется, такой тип переключателя гораздо удобнее обычного тумблера. Его, однако, не следует употреблять, если оператору приходится иногда протягивать руку над ним к другому органу управления, так как он сильно возвышается над панелью и может быть легко сдвинут.

СКОЛЬЗЯЩИЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ



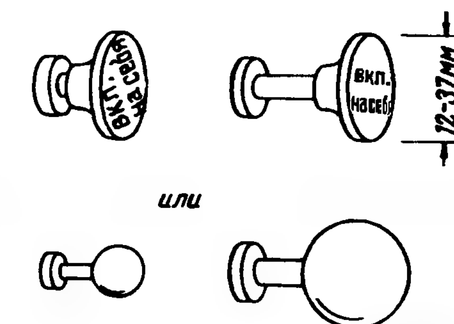
Переключатели этого типа обычно приводятся в действие большим пальцем. Для более удобного пользования этими переключателями следует снабдить их ручки оребрением или насечкой. Если усилие превышает 400 *г·см*, предпочтительнее оребрение.

НАСТЕННЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ ДВОЙНОГО НАЖИМА

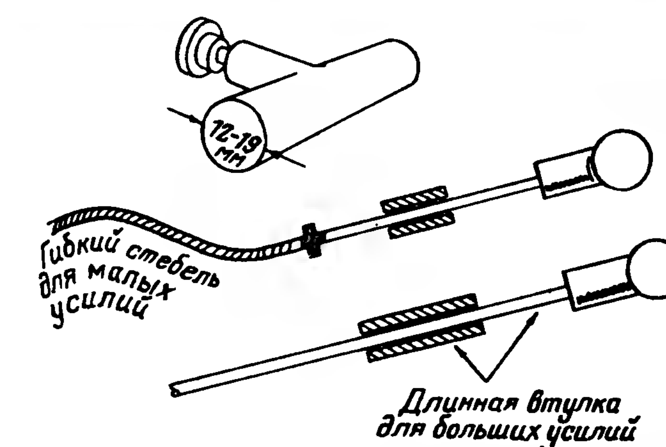


Большая контактная поверхность облегчает обнаружение этого вида переключателей в темноте. Контакты без щелчка делают их весьма пригодными для многих операций, помимо обычного применения для включения света. При правильном расположении этого органа управления он может быть включен локтем, коленом и другими частями тела.

НАЖИМНО-ТЯГОВЫЕ ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ

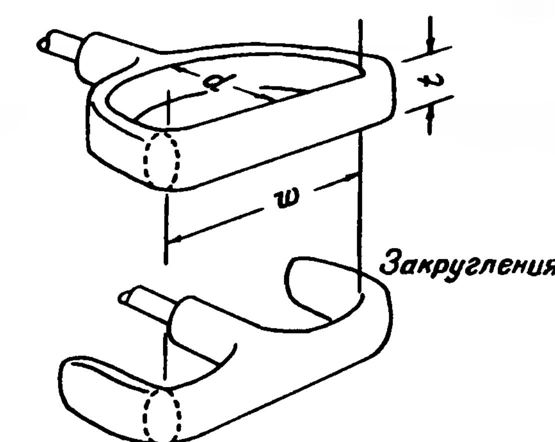


Вдвинутое положение органа обычно должно соответствовать нерабочему состоянию управляемого объекта. Как правило, этот орган управления соединяется с управляемым объектом гибким кабелем. Трение должно быть достаточно малым, чтобы не происходило заклинивания, когда орган управления вдвинут. Если на ручке имеется надпись, она не должна переворачиваться при движении органа управления.



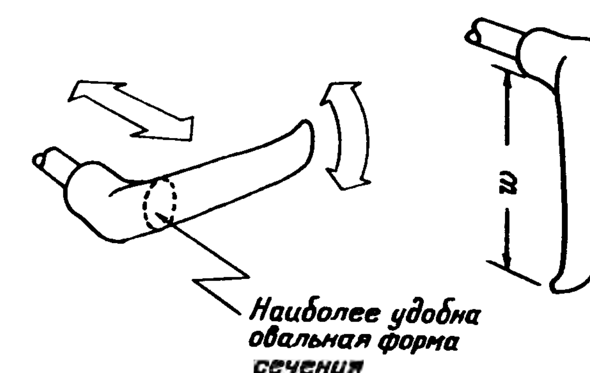
Рукоятка в форме буквы Т должна располагаться на жесткой оси. Такая форма рукоятки позволяет оператору прикладывать к органу управления большое усилие.

Модификации Т-образной рукоятки уменьшают вероятность случайного захвата одежды и различного индивидуального снаряжения. Однако применение таких рукояток снижает величину возможного усилия оператора. Рукоятки этого вида следует запирать в рабочих положениях, чтобы предотвратить непроизвольный сдвиг.



w = 45 *мм* для операции, выполняемой двумя пальцами (для руки в перчатке прибавить 12 *мм*);
= 70 *мм* для операции, выполняемой тремя пальцами (для руки в перчатке прибавить 15 *мм*);
= 90 *мм* для операции, выполняемой четырьмя пальцами (для руки в перчатке прибавить 20 *мм*);
t = 15—20 *мм*;
d = 25 *мм* как минимум (для руки в перчатке 40 *мм*).

Для операций, сочетающих нажим, вытягивание и поворот, применяются рукоятки в виде буквы Г. Они обычно используются в тормозных системах, при этом поворотом рукоятки тормоз ставится в заданное положение.

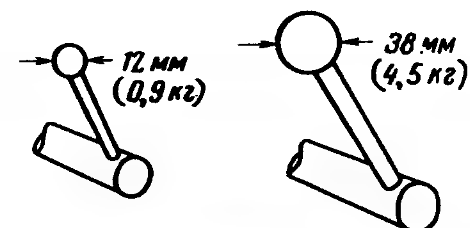


w = минимум 75 *мм*;
s = минимум 6×12 *мм*,
максимум 15×25 *мм*.

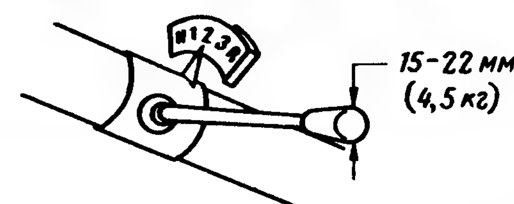
РЫЧАГИ УПРАВЛЕНИЯ



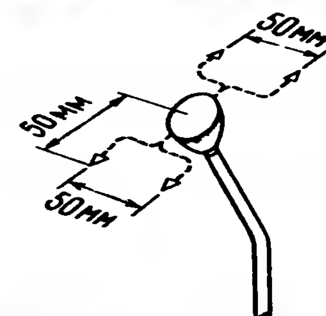
Рычаги обычно употребляются для таких операций, как переключение перестановкой вперед — назад. Угол поворота рычага вокруг оси между фиксированными положениями должен быть не менее 30 и не более 60°. Величина сопротивления должна лежать в пределах 0,8—2 *кг*. Придание рукоятке конической формы делает захват рычага рукой более удобным.



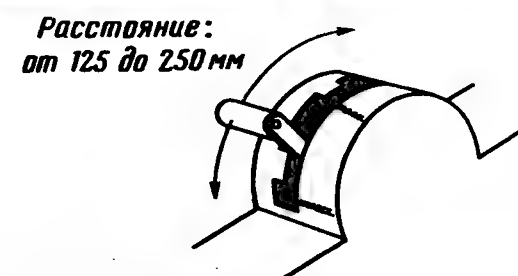
Эти рычаги похожи на приведенные выше, но их сопротивление не должно быть более 0,8 *кг*, если они приводятся в движение пальцем. При больших сопротивлениях (до 4 *кг*) диаметр ручки рычага должен быть увеличен до 25 —40 *мм*.



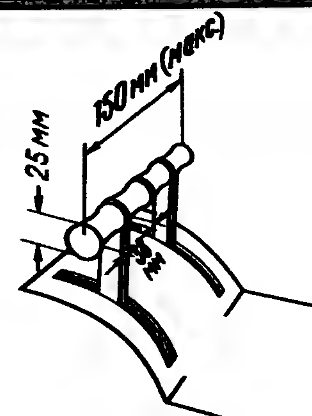
Рычаги переключения скоростей требуют либо зрительного, либо «двигательного» восприятия положения, а еще лучше — комбинации обоих видов восприятия. Если этот рычаг располагается на колонке рулевого колеса, он обычно переключается пальцами, поэтому усилие, необходимое для его перемещения, не должно превышать 4 *кг*.



Рычаги переключения скоростей, крепящиеся к полу кабины, обычно захватываются всей рукой, поэтому ручка рычага должна быть достаточно большой, как показано на рисунке. При таком расположении рычага управления к нему может быть приложено большее усилие— до 12 *кг*.



Несмотря на то что дроссельным органом управления обычно пользуются для непрерывного регулирования, иногда необходимо иметь индикацию отдельных наиболее важных его положений: холостой ход, полный ход и т. д. Ход органа управления между такими положениями должен составлять не менее 50 *мм* с временной фиксацией в каждом положении.



Размеры органов управления различных конструкций, в том числе с набором рычагов, должны быть согласованы с размерами и биомеханическими особенностями руки оператора. Кроме того, амплитуда перемещения рычага должна быть согласована с зоной досягаемости руки оператора.

NataHaus

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ

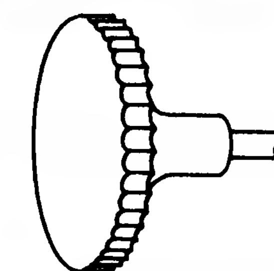
ПОВОРОТНЫЕ РУЧКИ





К конструированию поворотных ручек следует подходить, имея в виду две их четко различимые функции: плавное многооборотное вращение и дискретную установку. Для плавного многооборотного вращения следует употреблять круглые ручки, а для дискретной установки — ручки с указателями. Ручки с указателями следует применять и в случае, если переключатель снабжен фиксатором положения с защелкой.

КРУГЛЫЕ РУЧКИ



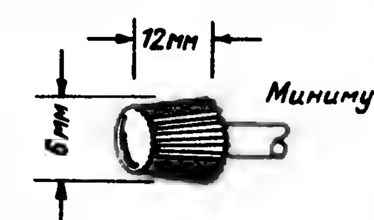
Круглые ручки очень малого диаметра могут потребоваться при жестких ограничениях размеров панелей, на которых они компонуются. Однако даже в этом случае следует предусматривать такую высоту этих малых ручек, которая обеспечивала бы достаточную поверхность захвата. Поверхность ручки должна быть оребрена или иметь насечку для более надежного захвата. Максимальное усилие не должно превышать 0,4 *кг*.



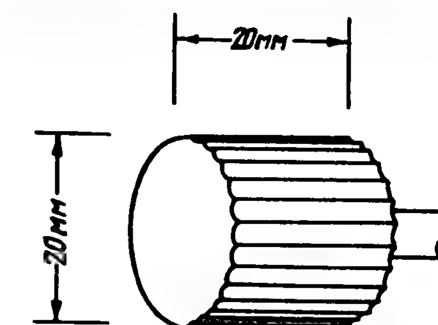
Закругление ребер понижает трение

Увеличение диаметра круглой ручки обеспечивает бо́льшую площадь захвата, и в этом случае высота ручки может быть сокращена. Применяются ручки самого различного диаметра — от 5 до 140 *мм*, однако наиболее предпочтительны ручки диаметром от 12 до 50 *мм*. Не применяйте ручки слишком малых размеров для операций, выполняемых рукой в перчатке.

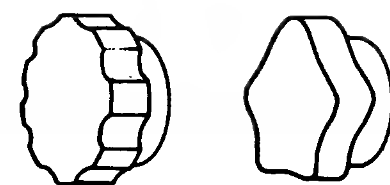
Форма и размер применяемых круглых ручек обычно мало сказываются на эффективности выполнения операции человеком. Однако приводимые ниже общие рекомендации обеспечивают наиболее рациональный выбор ручек с точки зрения условий работы оператора.



Для малогабаритных панелей, когда имеются жесткие пространственные ограничения, необходимо обращать особое внимание на соотношение высоты и диаметра ручки, а также на использование оребрения или насечки. При этом рекомендуются следующие средние основные размеры ручек: диаметр 6 *мм*; высота 12 *мм*; усилие 65 *г*.

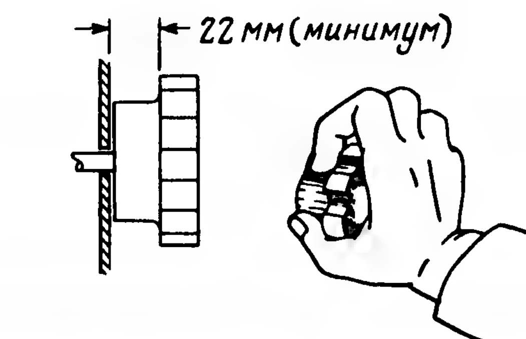


Для обычной компоновки панели:
диаметр 20 *мм* (может колебаться между 12 и 50 *мм*);
высота 12—18 *мм*;
максимальное усилие — 50 *г* для диаметра 12 *мм*, 100 *г* для диаметра 25 *мм* и 160 *г* для диаметра 50 *мм*.



Для удобства захвата ручке иногда придают звездообразную форму или вырезают зубцы по ее периметру. Следует, однако, учитывать, что к таким ручкам нельзя прилагать больших усилий, чем к обычным круглым ручкам такого же диаметра:

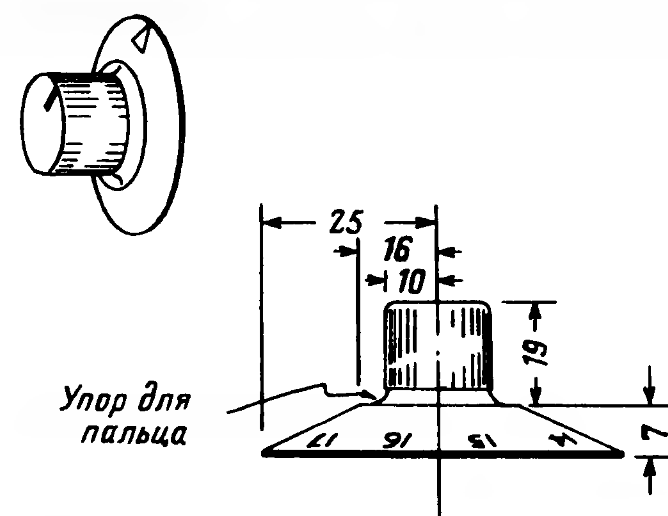
диаметр 25—75 *мм*;
рекомендуемое максимальное усилие 350 *г*.



К ручкам большего диаметра можно прикладывать значительно большие усилия, захватывая их всей рукой. Для этого, естественно, требуется предусматривать достаточное расстояние между ручкой и панелью (см. также стр. 2-114).

РУЧКИ С ЛИМБАМИ

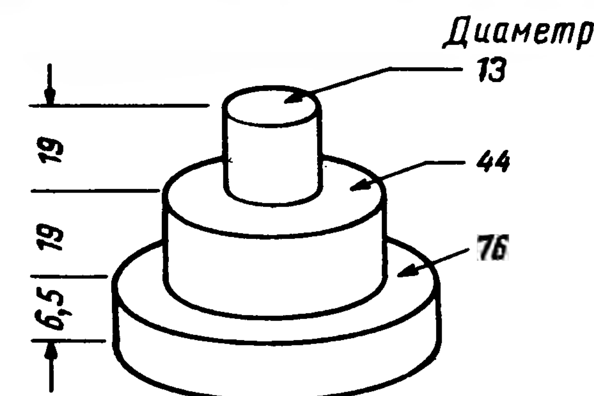
Лимбы нужны для двух целей: они обеспечивают место для указателя, оцифровки или надписей, а кроме того, предохраняют пальцы человека от задевания за поверхность панели. Правильно сконструированный лимб отличается тем, что пальцы при обхвате ручки не закрывают указатель или цифры, выгравированные на нем. Пример лимба хорошей конструкции показан на иллюстрации слева.



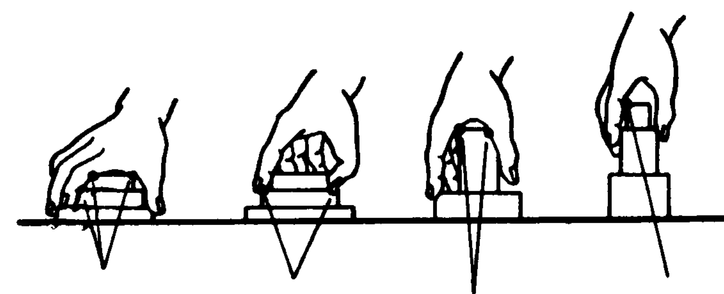
ПРИМЕЧАНИЕ. При конструировании всех ручек следует обращать внимание на надежность крепления ручек и лимба к стержню. Военные стандарты предусматривают два установочных винта, расположенные под углом 90° друг к другу.

КОНЦЕНТРИЧЕСКИЕ РУЧКИ

Сочлененные соосные ручки должны конструироваться так, чтобы свести к минимуму ошибки, иллюстрируемые нижним рисунком. Хотя в принципе возможно сочленение и трех ручек, рекомендуется сочленять не более двух.

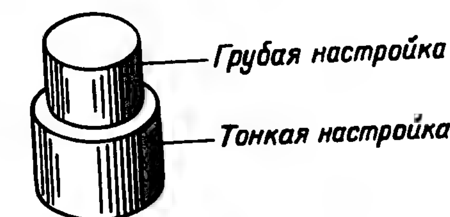


ИДЕАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЛЯ КНОПОК, СОВМЕЩЕННЫХ НА ОДНОЙ ОСИ [8].

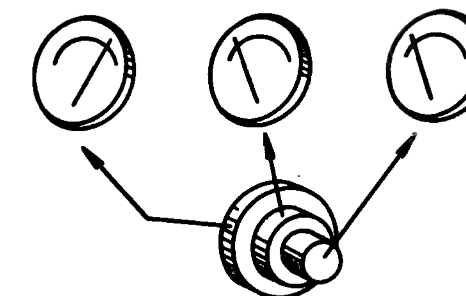


ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ НА ТОЧКИ НЕПРЕДНАМЕРЕННОГО КАСАНИЯ.

Важно, чтобы между сочлененными ручками, с одной стороны, и индикатором или рабочей функцией, с другой, была правильная связь.

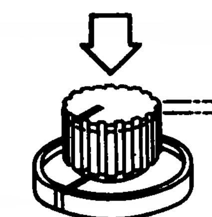


Две совмещенные кнопки для грубой и тонкой настройки



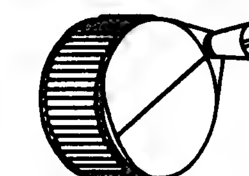
При последовательном включении наименьшей кнопкой следует пользоваться в последнюю очередь, чтобы исключить непроизвольное включение других кнопок.

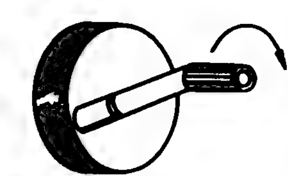
Сочленение ручек можно делать так, чтобы они работали независимо одна от другой или совместно. На рисунке справа показаны две ручки, которые могут работать раздельно, но когда верхняя ручка нажата, она сочленяется со второй ручкой, и они перемещаются как одно целое. Такая конструкция хорошо подходит для совместного регулирования громкости разнесенных репродукторов стереофонической системы.



РУЧКИ С КОЛЕНЧАТЫМИ РУКОЯТКАМИ

Эти приспособления применимы там, где требуется, например, быстро многократно повернуть ручку для грубой настройки. Если есть серьезная необходимость предохранить ручку от случайного удара или захвата одеждой, рекомендуется коленчатую рукоятку делать откидной.



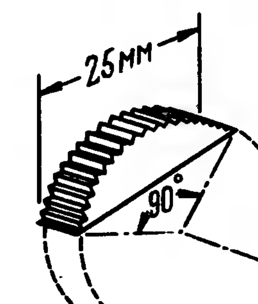


Минимальный радиус ≈ 15 *мм*;
максимальное усилие ≈ 1 *кг*.

ПРИМЕЧАНИЕ. Ручка коленчатой рукоятки должна свободно вращаться вокруг своей оси.

КОЛЕСА НАСТРОЙКИ

Эти органы управления не следует применять очень широко, так как они неудобны в употреблении. Хорда сегмента колеса, выступающего из прорези, должна быть не менее 25 *мм*. Необходимо предусматривать довольно глубокое оребрение поверхности колеса.

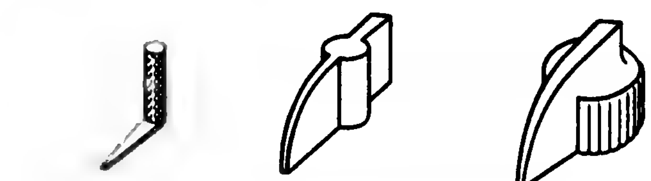




РУЧКИ С УКАЗАТЕЛЕМ ПОЛОЖЕНИЯ

Самое важное соображение при конструировании или подборе ручки с указателем состоит в том, чтобы указатель был виден при нормальном положении наблюдателя и чтобы наблюдатель знал, какой конец ручки является указывающим. Второе соображение может показаться само собой разумеющимся, однако конструкторы очень часто делают эти ручки так, что оба их конца выглядят одинаково.

Ручки с указателями для малогабаритных панелей часто являются самой большой проблемой. Иллюстрации слева дают примеры рационального решения этой проблемы.



Когда применяются ручки с указателями, переключатель должен иметь механические защелки для четкого обозначения дискретных положений.

КОДИРОВАННЫЕ РУЧКИ

Для облегчения опознавания органов управления иногда полезно применять кодирование ручек ЦВЕТОМ и ФОРМОЙ. При этом важно тщательно подбирать отличительные признаки, чтобы оба кода правильно согласовались между собой. Цветовая дифференцировка, конечно, может быть эффективной лишь при достаточном общем освещении. Распознавание назначения органа управления по его форме должно быть возможно более независимо от положения и размера органа управления. Применение для кодирования форм, напоминающих начертание букв, нерационально, потому что, когда ручка повернута, буквы можно спутать.

Набор условных форм и цветов, приведенный на иллюстрации слева, стандартизован различными военными ведомствами для употребления на типовых радарных панелях. Ручки этого типа имеются в продаже.

КОДИРОВАНИЕ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ НА РАДАРНЫХ УСТАНОВКАХ АМЕРИКАНСКОГО ФЛОТА

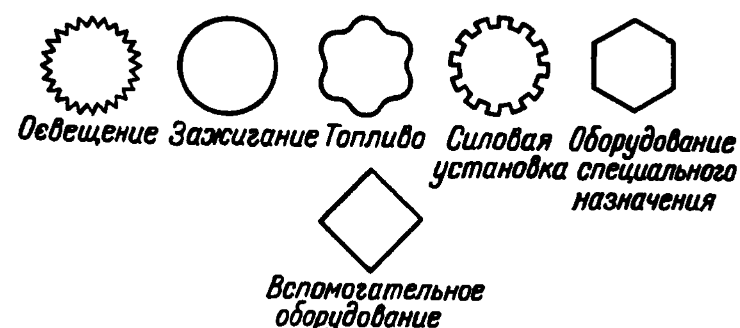




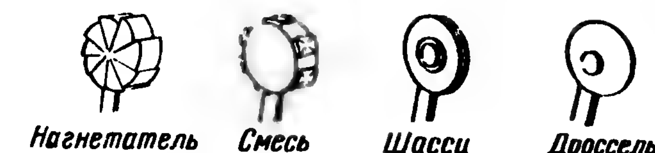
(Военный стандарт 91528)

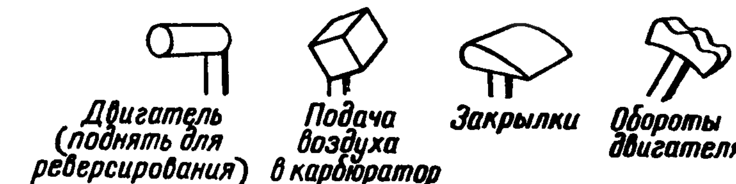


КОДЫ ДЛЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В АМЕРИКАНСКОЙ АРМИИ



Кодированные ручки, представленные на иллюстрации справа, официально рекомендованы для употребления в военно-воздушном флоте.







Когда разрабатывается стандарт на новый код, помните о том, что может потребоваться его применение для ручек разного размера. Какая-то форма может быть весьма удачной для ручек одного размера и в то же время оказаться совершенно неразличимой при миниатюризации деталей.

РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

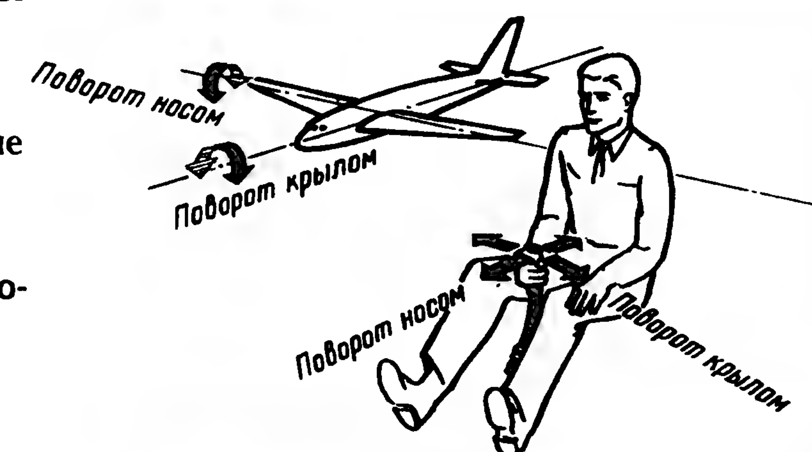
В одноместных самолетах наиболее широко применяются органы управления типа рычага, перемещающегося в двух направлениях. Такой орган управления обычно устанавливается между коленями пилота, чтобы тот мог действовать на рычаг любой рукой.

Диаметр ручки 28 *мм.*

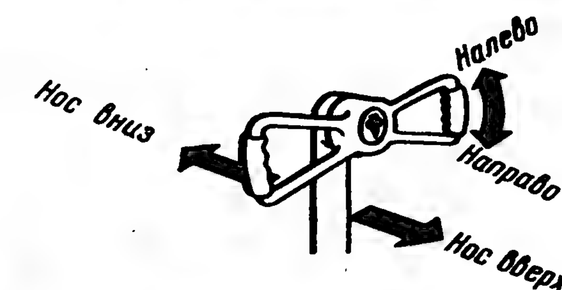
Смещение	Сопротивление
вперед — назад 350 *мм*	до 12 *кг*
боковое 950 *мм*	до 8 *кг*

Связь движений рычага с движением самолета:

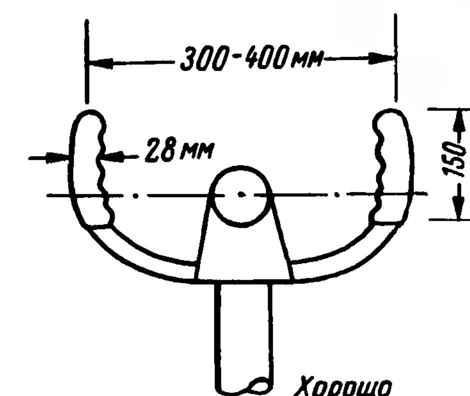
рычаг вперед — нос самолета вниз;
рычаг назад — нос самолета вверх;
рычаг налево — левое крыло вниз;
рычаг направо — правое крыло вниз.

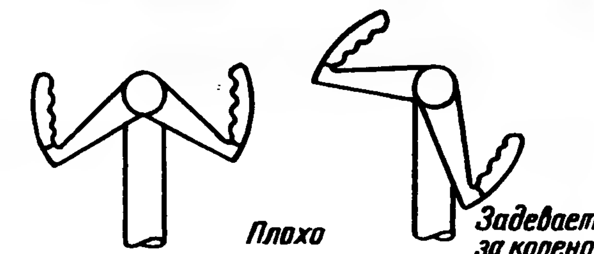


Чтобы преодолеть боковую неустойчивость рычага, можно применить рулевое колесо. В этом случае вращение колеса против часовой стрелки используется для опускания левого крыла, а вращение по часовой стрелке — для опускания правого крыла.



Важную роль играют форма рулевого колеса и его положение. Если колесо установить слишком низко (в стремлении обеспечить хорошую видимость приборной панели), оно может задевать при поворотах ноги пилота.



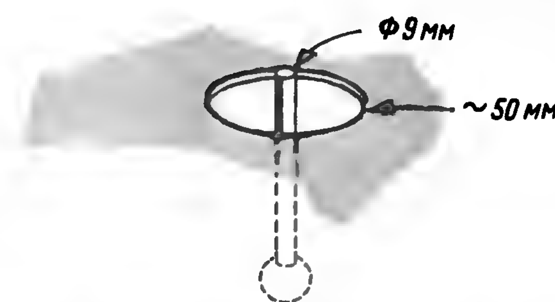


NataHaus

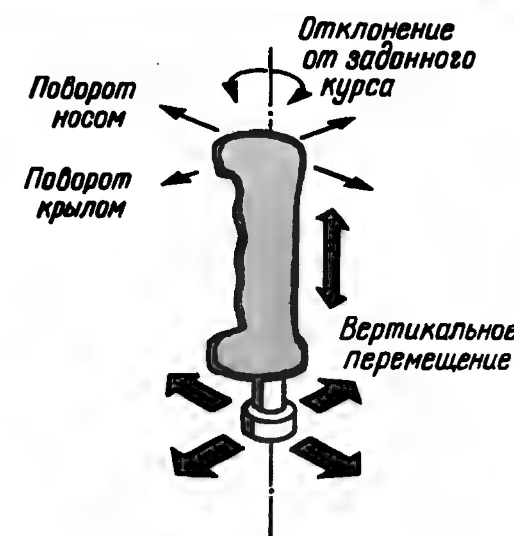
Дальнейшее улучшение конструкции может состоять в том, чтобы убрать центральную стойку из положения между коленями, облегчив таким образом пилоту вставание с сиденья.



С введением электрических систем управления широкое распространение получила компоновка рычагов управления на приборной панели. Такое расположение применяется и для приспособлений, служащих для снятия показаний электронных приборов.



Рычаги управления, на которые воздействуют пальцами руки, должны иметь очень малое сопротивление перестановки и особую вспомогательную поверхность, на которую может опираться рука оператора. На иллюстрации слева точка вращения органа управления находится ниже рабочей поверхности, а конец органа управления расположен ненамного выше уровня рабочего стола. По существу действие с таким органом управления очень похоже на действия ручкой или карандашом, поэтому этот вид органа управления часто называют «карандашным».



С появлением космических кораблей и современных подводных транспортных средств стало необходимым создание многомерных органов (т. е. органов, служащих для одновременного выполнения маневров крена, тангажа и рыскания, а также параллельного перемещения самолета вперед — назад, влево — вправо и вверх — вниз).

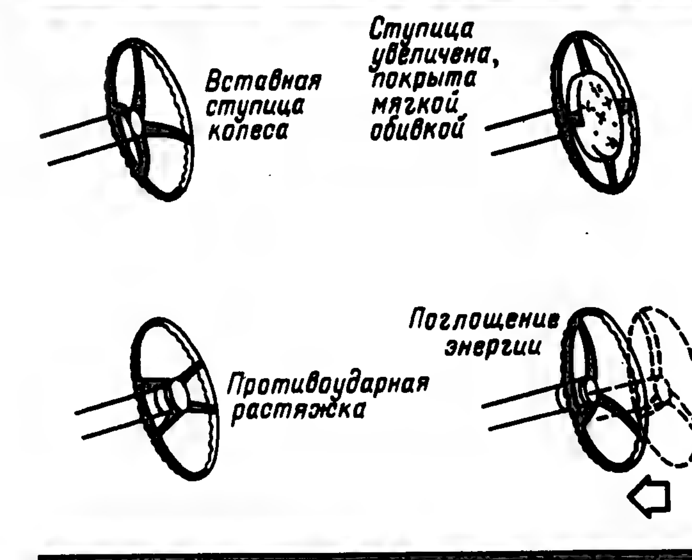
Наиболее серьезная задача при конструировании единого органа управления для всех шести параметров заключается в том, чтобы максимально снизить вероятность таких непроизвольных перемещений органов управления, которые выполняются пилотом непреднамеренно и отрицательно влияют на результат. Так, например, когда он наклоняет ручку, ему трудно не сгибать при этом руку в запястье. Орган управления, показанный на рисунке слева, является типичным примером устройства, которое неизбежно приводит к затруднениям, связанным с «перекрестным воздействием» одних операций управления на другие.

Приведенные ниже примеры показывают различные варианты конструкций органов управления, воздействующих одновременно на несколько параметров.



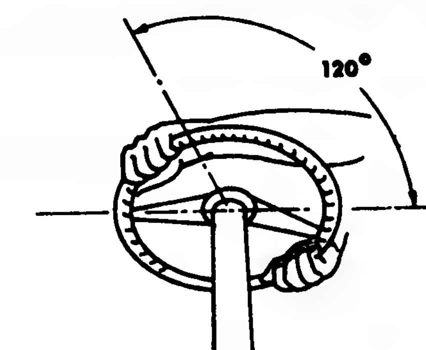
РУЛЕВЫЕ КОЛЕСА

Наиболее частое применение рулевые колеса (штурвалы) находят, конечно, на легковых автомобилях, грузовом транспорте, моторных лодках и т. д. Однако они с таким же успехом могут применяться и при управлении многими другими объектами.



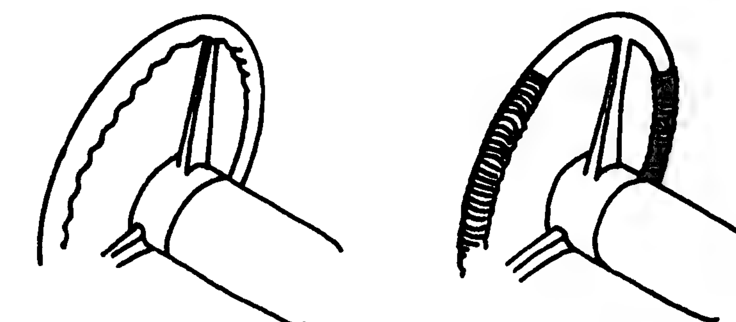
Рулевые колеса должны конструироваться так, чтобы в случае лобового столкновения удар через центральную колонку и рулевое колесо не передавался водителю.

Максимальный угол поворота рулевого колеса должен быть ограничен приблизительно 120°, чтобы водителю не надо было перехватывать колесо при поворотах.



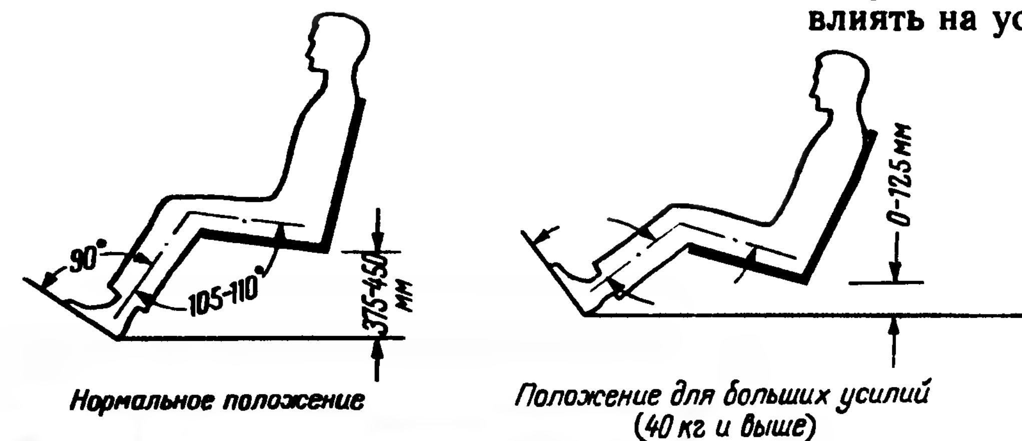
Диаметр 300—450 *мм;*
сопротивление 2—12 *кг;*
диаметр обода 20—40 *мм* (для автомобилей, специально рассчитанных на женщину-водителя, — около 20 *мм*).

ПРИМЕЧАНИЕ. Обод колеса должен хорошо захватываться руками.

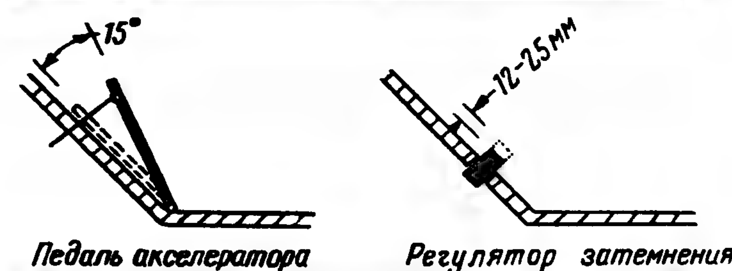


ОРГАНЫ НОЖНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Хотя допустимая зона расположения органов ножного управления достаточно велика, в каждом отдельном случае для них необходимо найти оптимальное положение, поскольку их неправильное размещение может сильно повлиять на условия труда оператора.



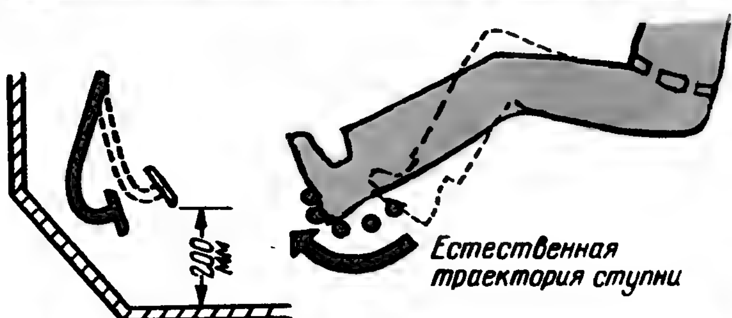
Нормальное положение *Положение для больших усилий (40 кг и выше)*



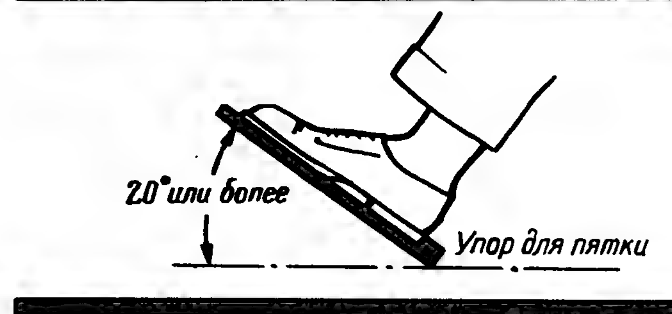
Педаль акселератора *Регулятор затемнения*

В случае если нога оператора может оставаться на органе управления в его нерабочем положении, сопротивление органа во избежание его непроизвольного включения должно быть не менее 4,5 *кг*. Обычно максимальное рабочее усилие не должно превышать 8 *кг*.

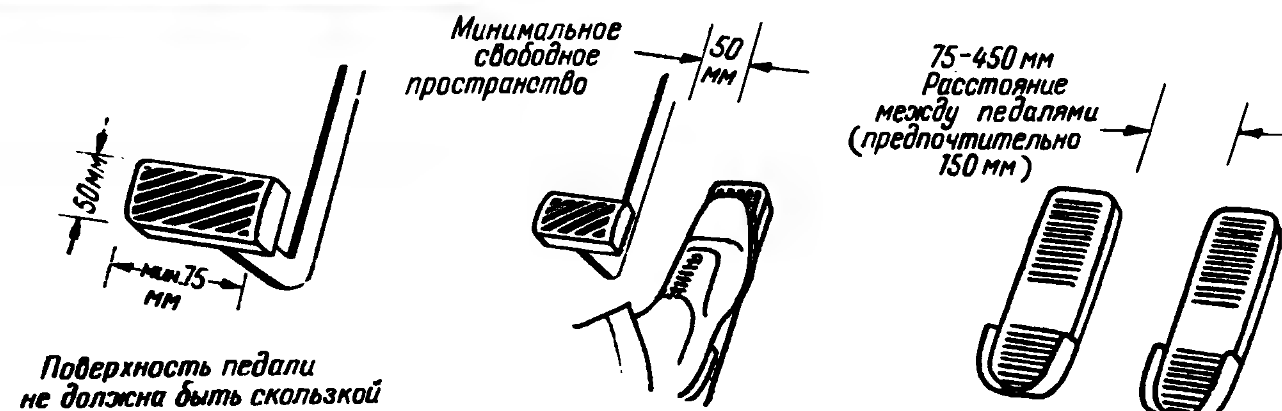
При перемещении педали органа управления ее плоскость должна все время быть как можно ближе к перпендикуляру относительно естественной траектории движения ступни оператора. По этой естественной траектории человек в состоянии приложить максимальное усилие.



Когда педаль или подставка расположена под углом, большим чем 20° к горизонту, желательно предусматривать опору для пятки.



Педали должны быть достаточно велики, чтобы обеспечивать надежную и удобную опору для ноги и чтобы оператор мог быстро и без труда нащупать педаль. Когда ноге приходится перемещаться с одной педали на другую, между педалями следует предусматривать достаточный зазор во избежание случайного защемления ноги или одновременного нажатия на обе педали.

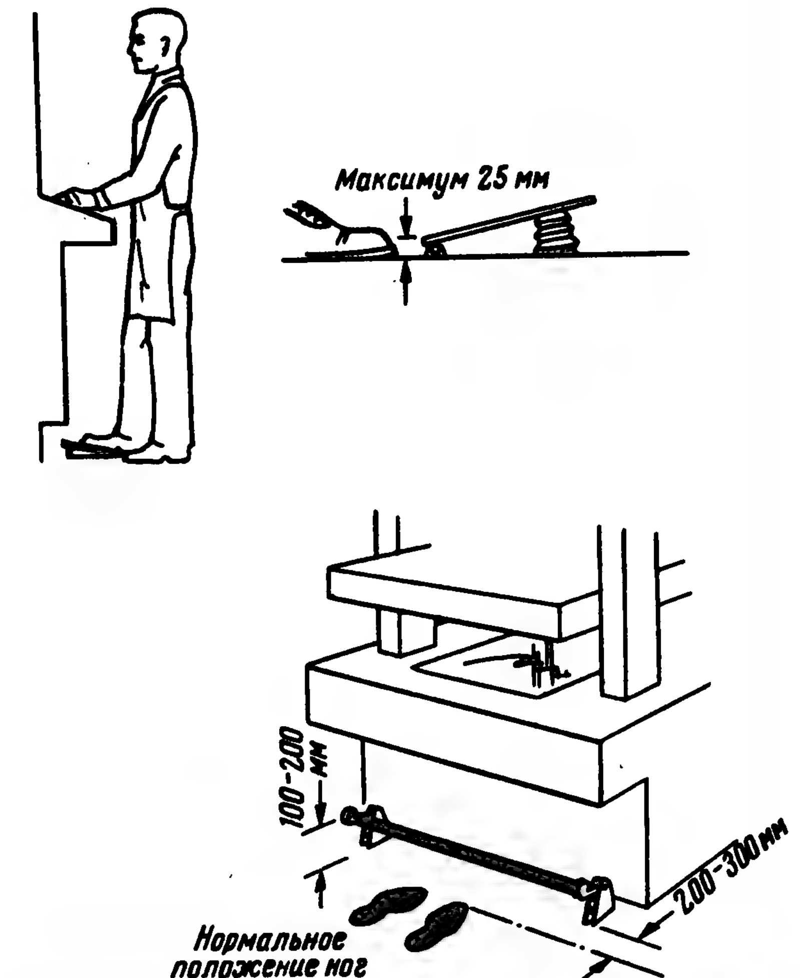


Поверхность педали не должна быть скользкой

NataHaus

Возвышение педали приблизительно на 25 *мм* над уровнем пола создает у стоящего оператора ощущение, что его нога находится в надежном контакте с педалью.

Иногда стоящему оператору трудно переместить вес своего тела для нажатия педали; в этом случае педаль следует помещать так, чтобы требовалось небольшое движение для достижения педали.



Во многих случаях требуется, чтобы на ножной орган управления можно было нажимать любой ногой. Тогда конструкция педали должна быть похожей на показанную на иллюстрации справа.

Комбинированная система рулевого поворота и ножного тормоза требует особого учета пределов гибкости лодыжки, поскольку скорость ее движения изменяется в зависимости от расстояния ступни до сиденья. Когда нога вытянута, не только понижается скорость сгибания лодыжки, но снижается и величина усилия, которое может быть приложено оператором.

Рекомендуемые верхние пределы усилий:

при движении только лодыжки 9 *кг*;
при движении всей ноги 80 *кг*.

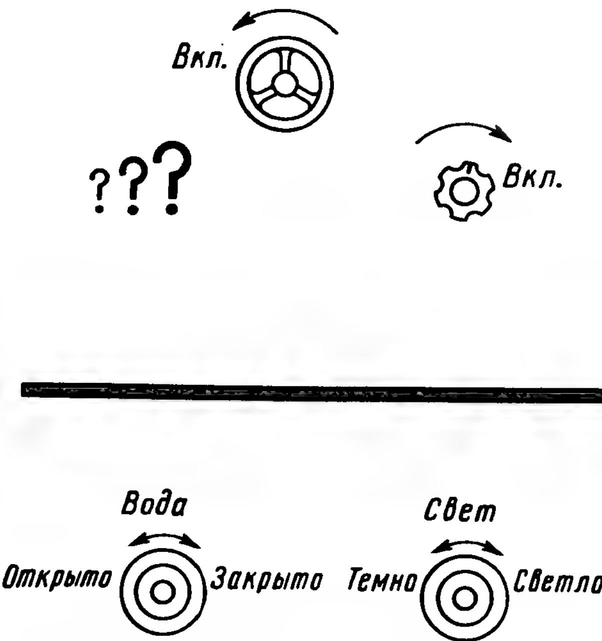
Педали для вращения следует конструировать в соответствии с рекомендуемыми размерами, указанными на иллюстрации справа.



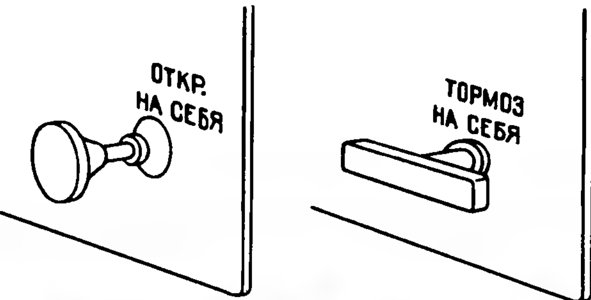
НЕОДНОЗНАЧНОСТЬ В СПОСОБЕ ДЕЙСТВИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

ВОДОПРОВОД. Поворот органа управления *против* часовой стрелки включает ток воды (открывает клапан, позволяя жидкости течь).

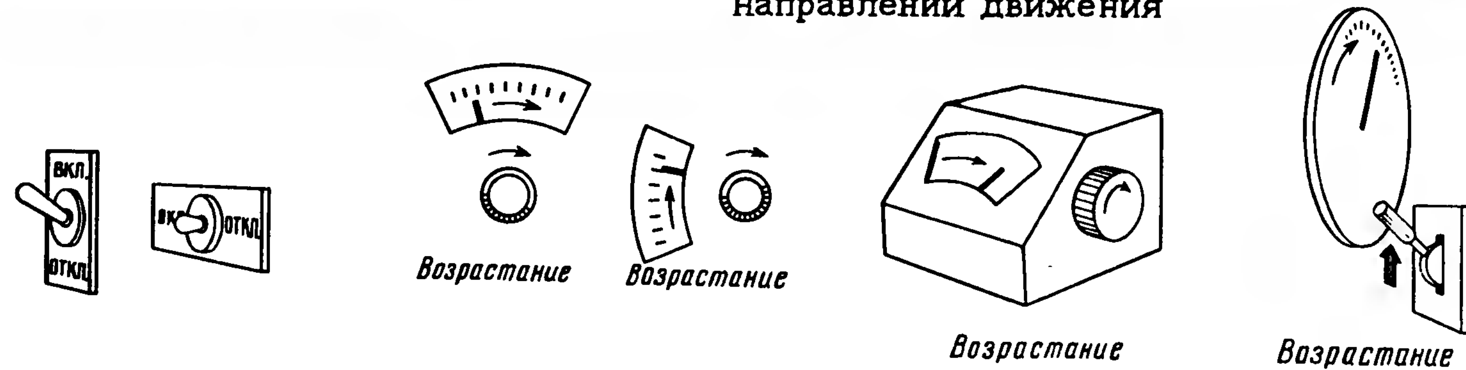
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО. Поворот органа управления *по* часовой стрелке включает электрический ток (фактически открывает путь току).

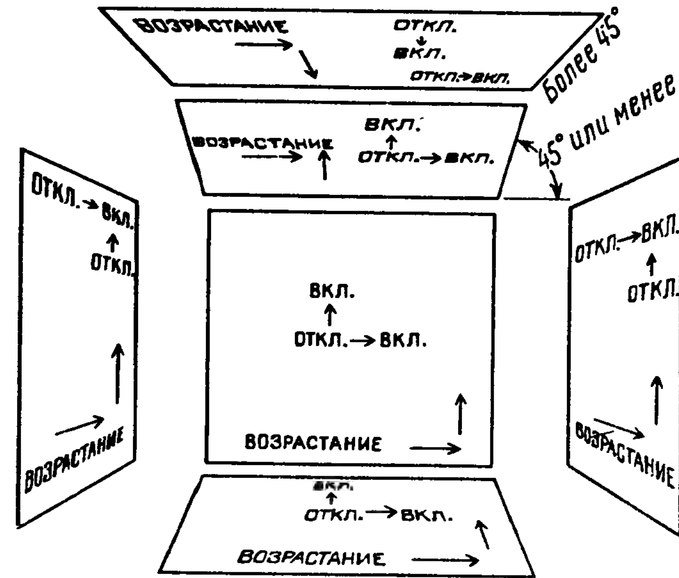


Эти несоответствия настолько укоренились силой традиций, что менять направления не рекомендуется. Однако, если предусмотрены правильные надписи, отрицательный эффект такой неоднозначности может быть сведен к минимуму, что иллюстрируют помещенные ниже рисунки.

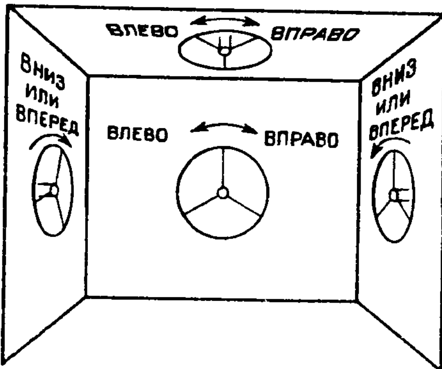


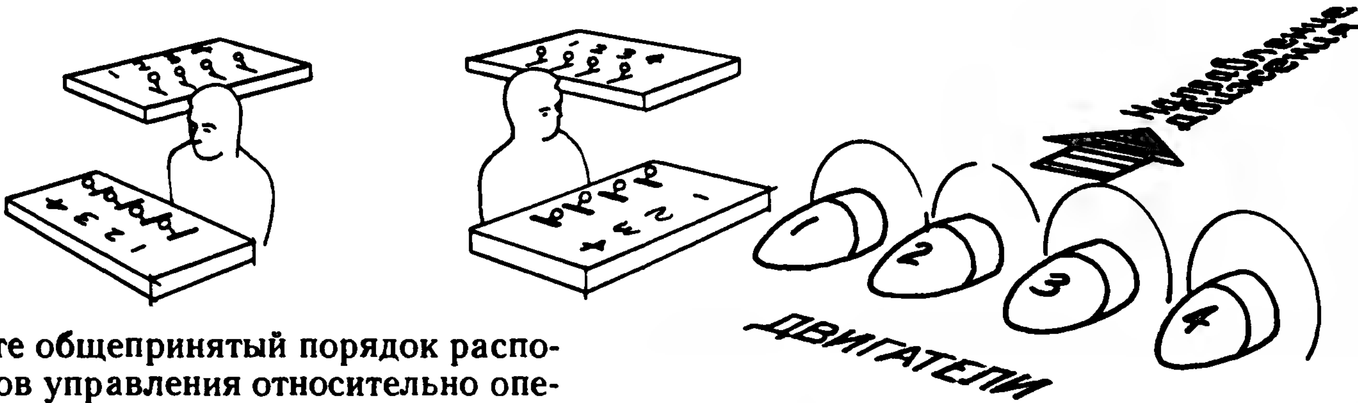
Естественные связи направлений движения





Соотношение движений в зависимости от того, куда обращен взгляд оператора





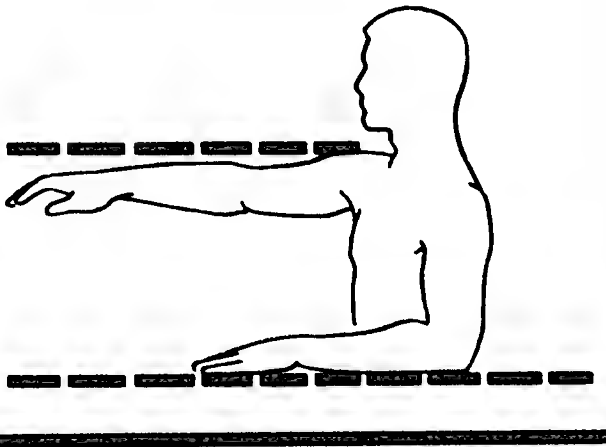
Соблюдайте общепринятый порядок расположения органов управления относительно оператора, независимо от того, куда он обращен лицом. По возможности ориентируйте оператора лицом по направлению движения транспортного средства.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

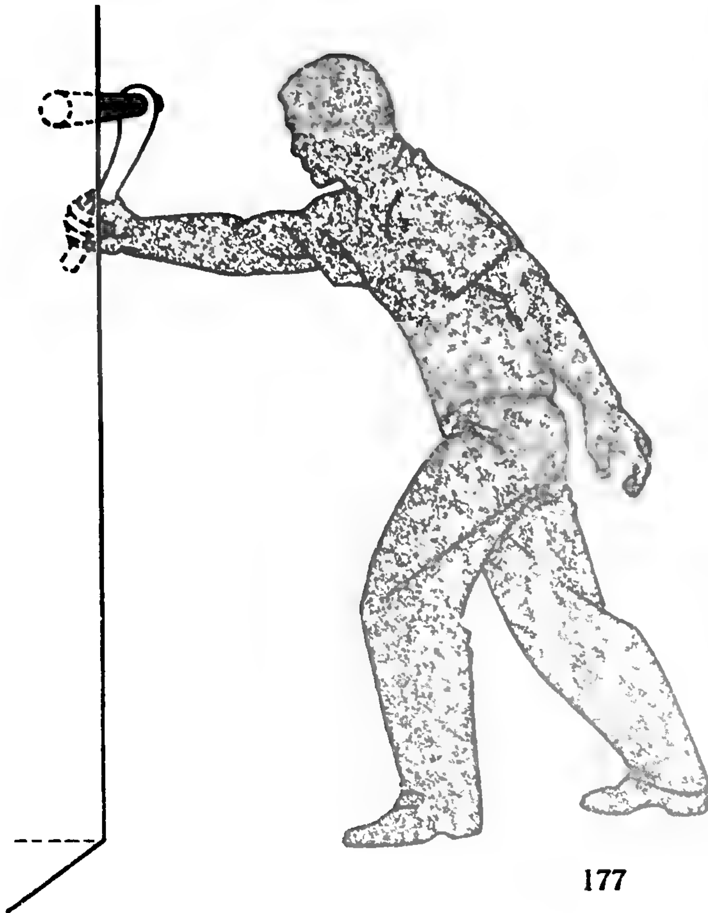
РАСПОЛОЖЕНИЕ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

Органы управления, которые приходится использовать наиболее часто, следует располагать на высоте между локтем и плечом.

Орган управления, расположенный впереди и немного ниже плеча, наиболее легко отыскивается оператором, когда требуется достать его «вслепую».



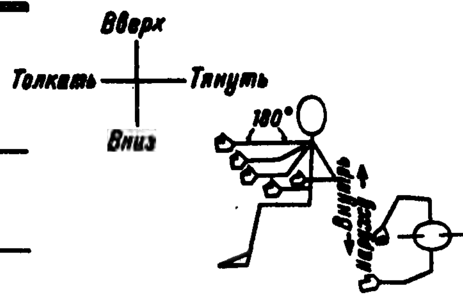
Максимальные усилия могут быть приложены к рычагам, которые захватываются стоящим оператором на уровне плеча, а сидящим оператором — на уровне локтя.





МАКСИМАЛЬНАЯ СИЛА РУКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ СГИБА В ЛОКТЕ, *кг* [9]

ДВИЖЕНИЕ	РУКА	УГОЛ СГИБА, *град*				
		180	150	120	90	60
Тянуть	Правая	22	24	17	15	10
	Левая	20	17	13,5	13	10,5
Толкать	Правая	20	17	14,5	14,5	13,5
	Левая	17	12	10,5	9	9
Вверх	Правая	5,5	7	9,5	8	8
	Левая	3,5	6	7	7	6
Вниз	Правая	7	8	10,5	10,5	8
	Левая	5	7	8,5	8,5	7
Наружу	Правая	5,5	6	6	6,5	7
	Левая	3,2	3,2	4	4	5
Внутрь	Правая	8	8	9	7	8
	Левая	5	6	8	6,5	7



МАКСИМАЛЬНОЕ УСИЛИЕ, КОТОРОЕ МОЖЕТ БЫТЬ ПРИЛОЖЕНО К КРУГЛЫМ РУЧКАМ, *кг·м*

ДИАМЕТР РУЧКИ, *мм*	ВЫСОТА РУЧКИ, *мм*			
	ПРИ ЗАХВАТЕ ПАЛЬЦАМИ		ПРИ ЗАХВАТЕ ЛАДОНЬЮ	
	12	25	12	25
12	0,05	0,06	0,11	0,16
20	0,06	0,08	0,20	0,29
25	0,08	0,10	0,05	0,06
37	0,13	0,15	0,07	0,10
50	0,20	0,24	0,11	0,13
75	0,06	0,06	0,14	0,16

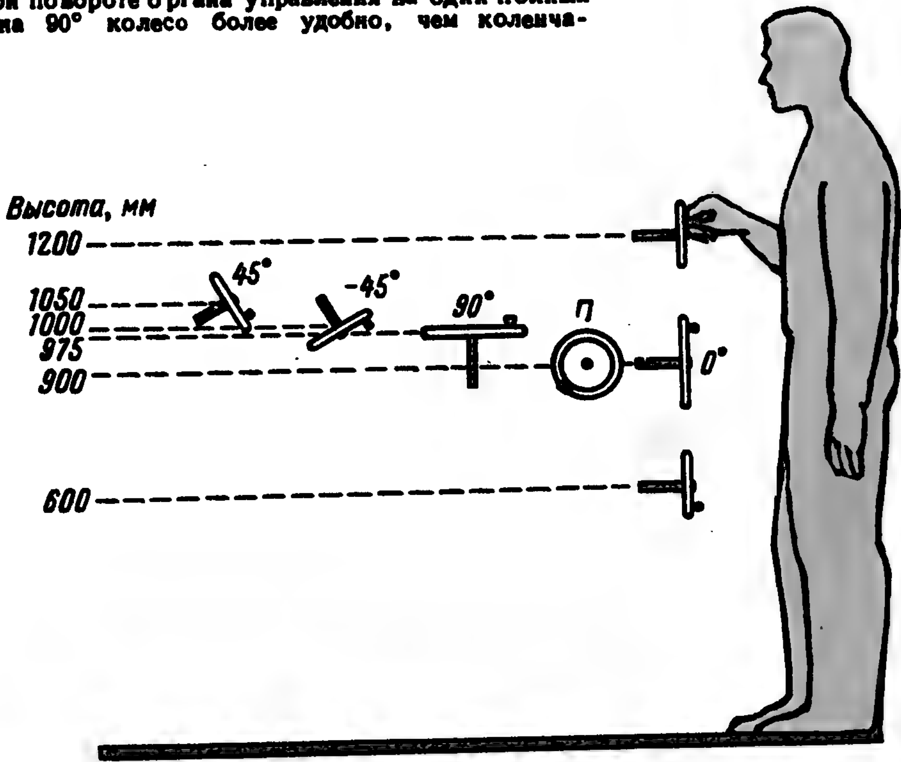
Диаметры колес (маховиков) и коленчатых рукояток зависят от положения, в котором они крепятся, от прилагаемого к ним усилия, а также от требуемой скорости поворота. Ниже приводится таблица, которая показывает их оптимальные размеры в зависимости от высоты расположения и прилагаемых усилий.

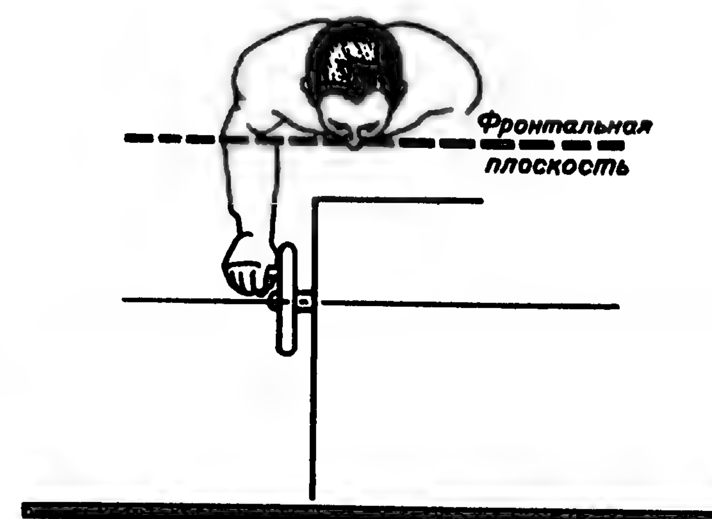
ОПТИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ, *мм*

Высота, *мм*	Положение, *град*	Тип	Размеры, *мм* (для рулевого колеса (К) — диаметр, для рукоятки (Р) — радиус) при усилии		
			0 *кг·м*	16 *кг·м*	36 *кг·м*
600	0	К	75—150	250	400
850	0	К	75—200	250—400	400
	П*	К	75—150	250	250
	0	Р	40—110	40—170	40—190
950	90	К	75—250	250—400	400
	90	Р	60—110	40—170	40—190
1000	—45	К	75—150	150—400	250—400
	—45	Р	40—190	40—170	40—190
1050	45	К	75—150	250	250—400
	45	Р	40—110	40—110	110
1200	0	К	75—150	200—400	250—400
	0	Р	40—110	110	110—190

* См. рисунок.

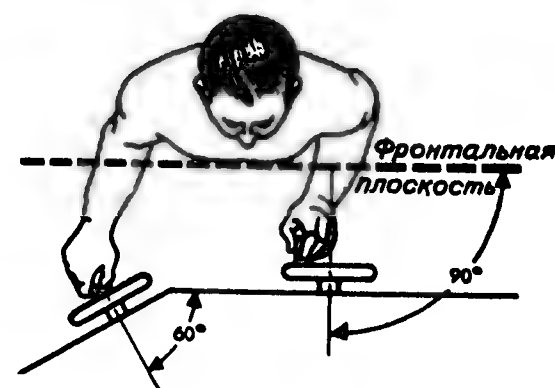
Эти данные были получены экспериментально при повороте органа управления на один полный оборот. Автор считает, что для поворота меньше чем на 90° колесо более удобно, чем коленчатая рукоятка.





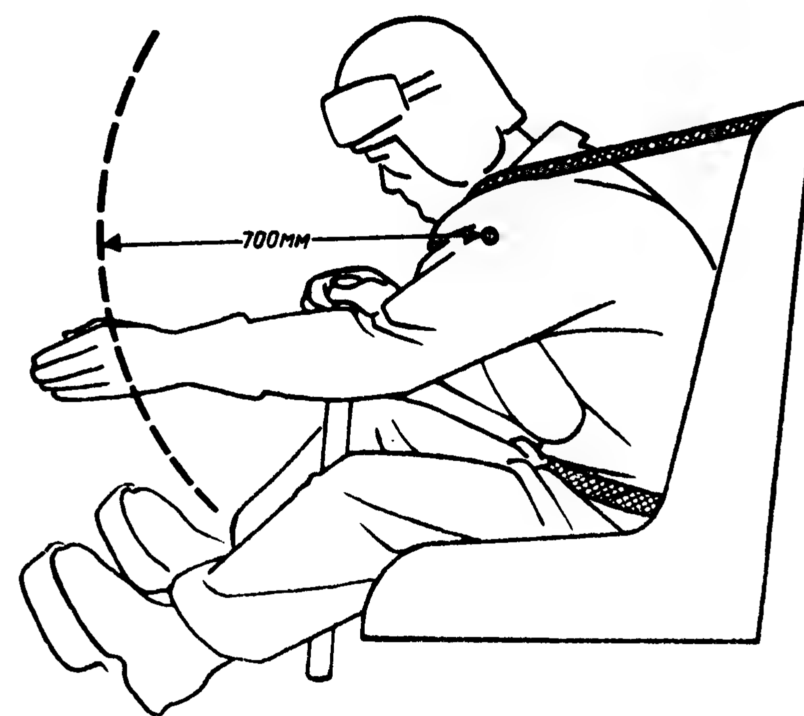
Расположение органов управления на небольшом расстоянии сбоку (вправо или влево) от центральной оси оператора более предпочтительно, чем прямо перед оператором.

Коленчатые рукоятки, требующие *очень большого усилия* для поворота, должны располагаться так, чтобы их ось вращения была параллельна фронтальной плоскости тела.



Органы управления типа коленчатых рукояток, которые необходимо *быстро вращать,* следует располагать таким образом, чтобы угол между осью вращения и фронтальной плоскостью тела лежал в пределах от 90 до 60°.

При фиксированном положении оператора, как, например, в случае, когда пилот прикреплен к сидению заплечными ремнями, органы управления должны располагаться на расстоянии не более 700 *мм* от плеча человека (см. также стр. 5-33).



РАЗМЕРЫ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

При конструировании органов управления их размеры должны быть согласованы с размерами и особенностями захвата руки.

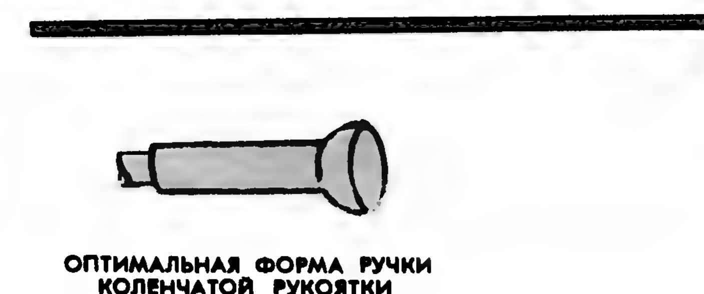


ДЛЯ ПЛАВНОЙ НАСТРОЙКИ ИСПОЛЬЗУЙТЕ КРУГЛЫЕ РУЧКИ.

ДЛЯ УСТАНОВКИ ДИСКРЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ИСПОЛЬЗУЙТЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ РУЧКИ.

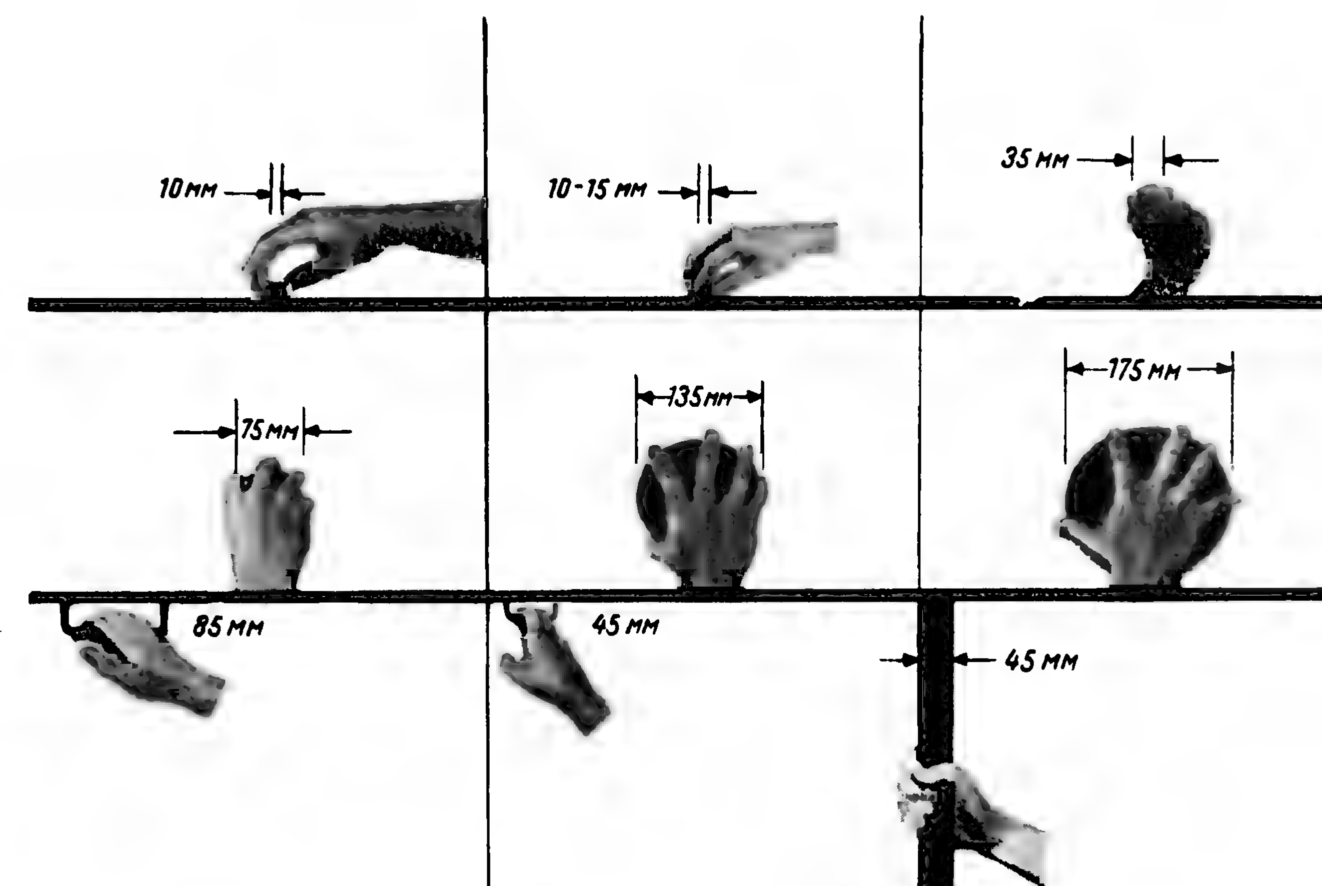
Исходя из этих требований, диаметр ручек регулирования электронного оборудования не должен быть более 50 *мм.*

Ручки должны иметь около 40 *мм* в длину и 15 *мм* в диаметре для операций, требующих быстрого вращения запястьем и пальцами, и 90 *мм* в длину и 25 *мм* в диаметре в случае больших нагрузок при вращении.



ОПТИМАЛЬНАЯ ФОРМА РУЧКИ КОЛЕНЧАТОЙ РУКОЯТКИ

Диаметр ручки, требующей быстрого поворота при значительных усилиях, должен лежать в пределах 75—220 *мм*; наиболее употребителен диаметр 120 *мм.*



ДИСТАНЦИОННЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ

Во многих случаях возникает потребность управлять установками, манипулировать предметами и т. д. на расстоянии. Это может быть необходимо, например, из-за опасности, которую для человека представляет радиация.

МАНИПУЛЯТОРЫ должны воспроизводить естественные характеристики оператора, т. е. должны позволять производить движения, которые требуют возможно меньшего переосмысливания со стороны оператора. Прикидочный эксперимент, проведенный с обычными манипуляторами, показал, что задание, для выполнения которого человеку требуется 1 *час*, выполняется с помощью манипулятора примерно за 8 *час*.

Время выполнения операции возрастает при увеличении расстояния между оператором и местом, где производится операция, особенно когда расстояние приближается к пределам возможностей манипулятора. Увеличение рабочего расстояния (от глаз оператора до объекта) до 2—3 *м* почти не влияет на скорость выполнения задания. Когда расстояние возрастает до 3,5 *м* и больше, это влияние становится существенным.

В случае невозможности приблизить оператора к рабочей зоне может быть использована промышленно-телевизионная установка. При этом важно обеспечить такое положение телевизионной камеры, чтобы она отражала естественный вид объекта и захватов манипулятора, не вызывая у оператора противоположных реакций и путаницы.

При конструировании манипуляторов можно использовать механические усилители. Однако это преимущество может быть употреблено и во вред; без сенсорных индикаторов прилагаемых усилий и без механических стопоров объект может быть раздавлен.

Отношение величины перемещения органа управления, осуществляемого оператором, к движению захвата манипулятора должно быть всегда 1 : 1, исключая функции транспортировки. Усиление по скорости может быть использовано для более быстрого перемещения захвата манипулятора в рабочую зону. Скорость транспортировки должна, где это возможно, регулироваться плавно (непрерывно).

При конструировании органов управления должны учитываться общепринятые принципы согласования направлений движения, о которых говорилось выше в этой главе. Когда используется панель дистанционного управления, важно, чтобы расположение органов управления на ней соответствовало положениям и характеру движения рабочих конечностей манипулятора. Необходим тщательный анализ типа захвата и инструментов манипулятора, а также движений, которые они выполняют, чтобы обеспечить оптимальную компоновку органов управления на панели. Это должно быть сделано до принятия решения, какого типа ручки органов управления и какого вида переключатели будут применяться.

Рабочие захваты и инструменты на конце манипулятора следует конструировать так, чтобы их можно было снимать и заменять на расстоянии. Кроме того, они должны быть так сконстру́ированы, чтобы их можно было подводить к захватываемому объекту простейшим с точки зрения оператора способом; иначе говоря, для приближения к объекту оператор не должен быть вынужден прибегать к исключительно тонким регулировочным движениям. Самозахватывающие устройства ценны для облегчения работы оператора.

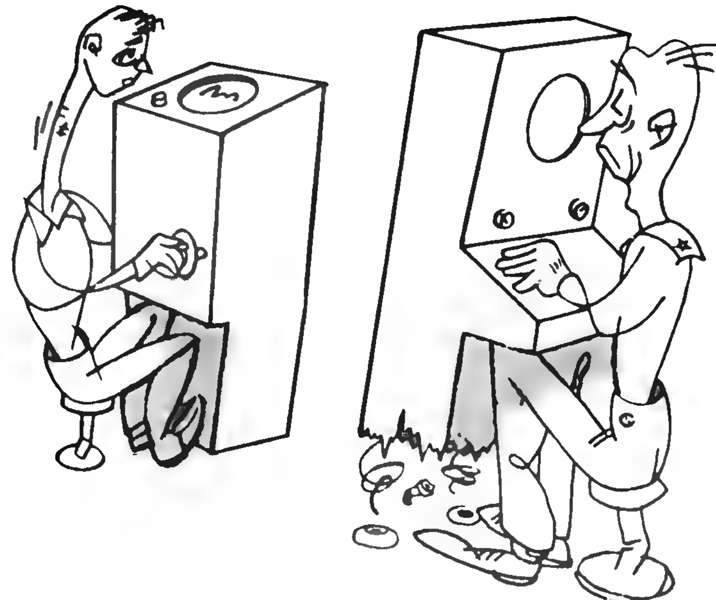
ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО РАДИО

При конструировании органов управления транспортными средствами по радио следует особое внимание уделять совместимости этой задачи с другими обязанностями оператора. Так, например, ведомый самолет может управляться с ведущего самолета. Но пилот ведущего самолета должен, кроме того, управлять и своим самолетом. Операции по управлению своим самолетом не должны противоречить, вступать в конфликт с операциями по управлению на расстоянии ведомым самолетом. Однако нет необходимости предусматривать реверсивные системы для случаев, когда пилоту надо, скажем, приказать ведомому самолету лететь к нему. Хотя подобные противоречивые ситуации могут поначалу путать пилота, он обычно быстро привыкает к ним и в дальнейшем всегда принимает правильные решения.

компоновка рабочего места

Человек-оператор НЕ МОЖЕТ

приблизить сидение к глазам!



Всюду втиснуть свои колени!



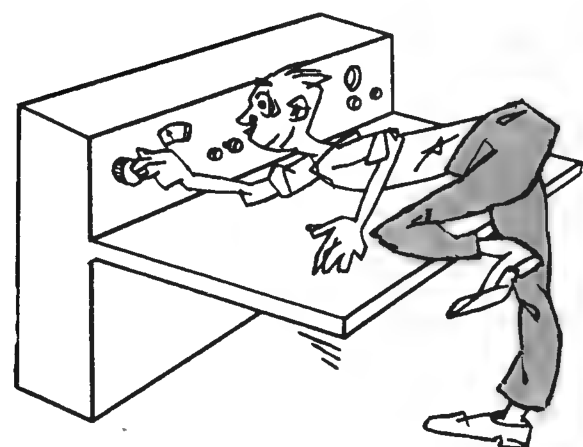
удлинить свою шею!

КОМПОНОВКА РАБОЧЕГО МЕСТА

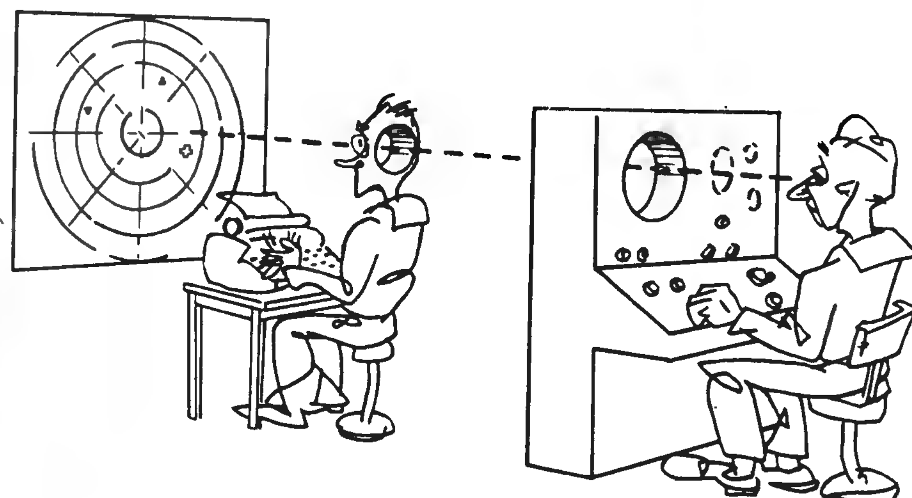
Планировка рабочего места должна основываться на учете антропометрических данных тех рабочих, которые будут пользоваться размещаемым оборудованием. Размеры крупного человека определяют минимум пространства, необходимого для свободы действий, а размеры небольшого человека должны приниматься во внимание при определении пределов досягаемости ручных и ножных органов управления. Кроме того, необходимо учитывать влияние одежды, которая накладывает дополнительные ограничения на свободу движений человека. По традиции, сложившейся в антропологии, измерения человеческого тела производятся на обнаженном субъекте в положении стоя или сидя, в выпрямленном состоянии, так что антропометрические данные не отражают динамических условий, когда человек наклоняется, дотягивается до чего-либо, поворачивается и т. д.

Необходимо предостеречь конструктора от мысли, что приводимые ниже в этой главе антропометрические данные готовы для немедленного использования. На самом деле они могут служить лишь для предварительной ориентировки при планировке рабочего места. Для того чтобы с большей уверенностью судить о правильности выбранных габаритов и форм, рекомендуется всю планировку проверить затем на объемном макете, размеры которого необходимо оценить с учетом наибольших и наименьших значений антропометрических данных.

Серия карикатур, приведенная на этой странице, призвана наглядно пояснить наиболее типичные ошибки, которые допускаются при конструировании рабочих мест.



удлинить свои руки!



Видеть сквозь людей и оборудование!

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

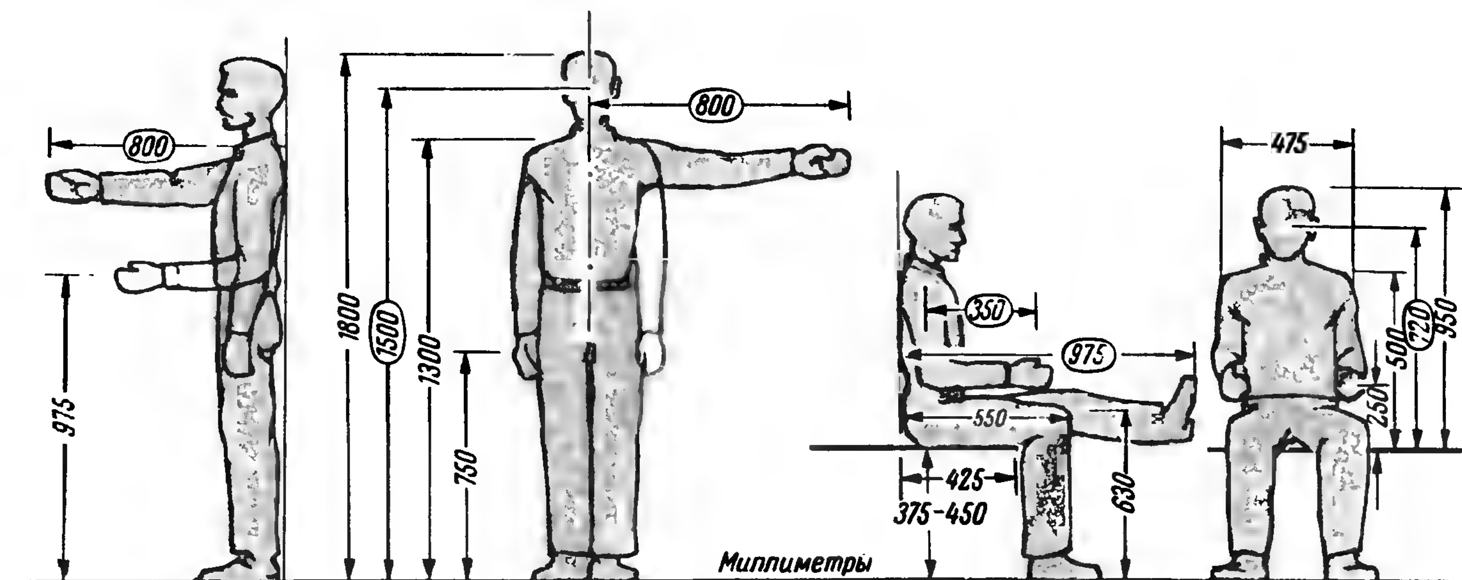
После того как на основании данных антропометрии выбраны оптимальные габариты рабочего пространства, необходимо организовать все элементы рабочего места в соответствии с особенностями деятельности человека. Это требует учета ряда психологических факторов, в том числе логической последовательности выполняемых операций, использования привычных ассоциаций движений и стандартизации операций для максимального сокращения времени обучения операторов.

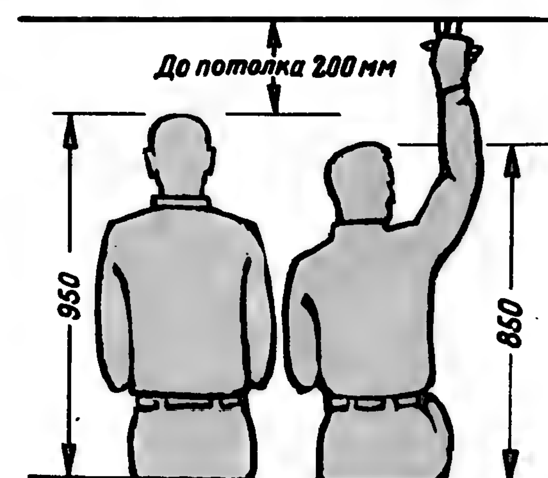
При планировке рабочего места полезно придерживаться следующих наиболее общих правил (по работе Томсона и др. [10]):

- ПЛАНИРУЙТЕ СПЕРВА ЦЕЛОЕ, А ЗАТЕМ ДЕТАЛИ.
- ПЛАНИРУЙТЕ СНАЧАЛА ИДЕАЛЬНЫЙ, А ЗАТЕМ ПРАКТИЧЕСКИЙ ВАРИАНТ СИСТЕМЫ.
- НАМЕТЬТЕ ЦИКЛЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА И ДОБЕЙТЕСЬ ПЕРЕКРЫТИЯ ОТДЕЛЬНЫХ СТАДИЙ ЕГО РАЗРАБОТКИ.
- ПЛАНИРУЙТЕ РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС И ОБОРУДОВАНИЕ, ИСХОДЯ ИЗ ОБЩИХ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ.
- ПЛАНИРУЙТЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО, ИСХОДЯ ИЗ ТРЕБОВАНИЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И ОБОРУДОВАНИЯ.
- ПЛАНИРУЙТЕ ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ ОГРАЖДЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА С УЧЕТОМ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ.

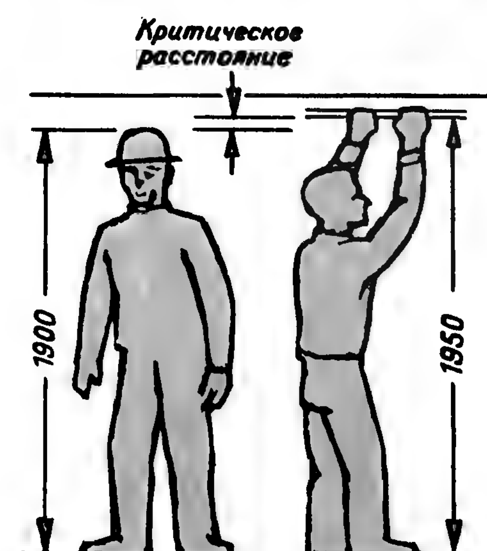
УЧЕТ РАЗМЕРОВ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА И ОСОБЕННОСТЕЙ ЕГО ДВИЖЕНИЯ

На рисунках внизу числа в кружках показывают максимальную досягаемость (в *мм*), остальные числа показывают либо минимально допустимые размеры свободного пространства для работы, либо рекомендуемые для конструкторов величины различных параметров (см. также гл. 5 «Измерения тела»).

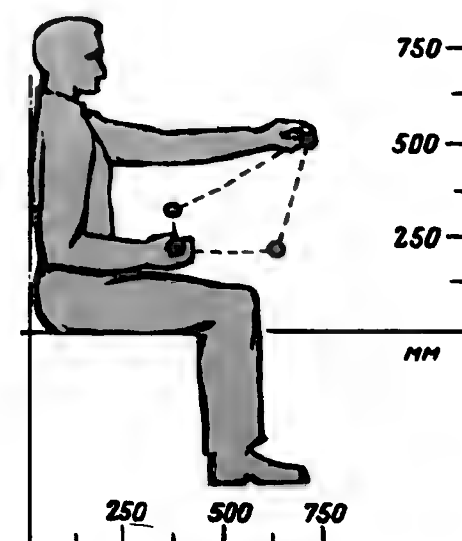


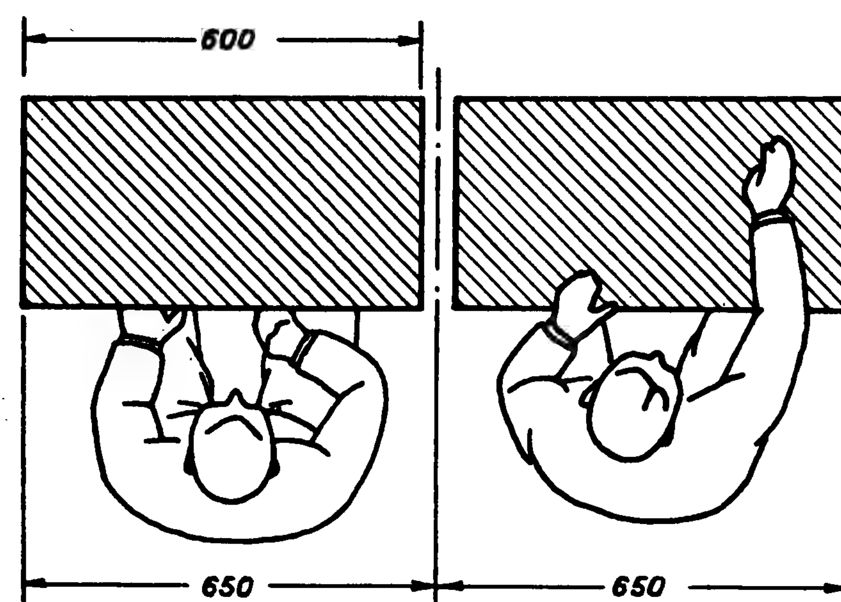


Разница в росте сидя между наиболее высокими и наиболее низкорослыми операторами (отбрасывая по 5% самых высоких и самых низких) составляет всего 100 *мм*. Оператор может эпизодически манипулировать органами управления, расположенными на высоте 250—300 *мм* выше его головы, а на высоте 150 *мм* переключения могут выполняться оператором в течение длительного времени. Таким образом, по вертикали органы управления могут располагаться на высоте 150—200 *мм* от головы оператора.



В случае если органы управления расположены над проходом, выбор высоты их установки сильно ограничен. Действительно, с одной стороны, высота свободного пространства по вертикали для беспрепятственного прохода высокого человека (с учетом обуви, а возможно, и шлема) равна примерно 1,90—1,95 *м*. С другой стороны, высота, которую без затруднений достает человек небольшого роста, равна 1,90—2,0 *м*, причем она зависит от требуемого способа захвата рукой и прилагаемого усилия. Следовательно, пространство для размещения органов управления в этом случае ограничено по вертикали всего лишь 25—50 *мм*.

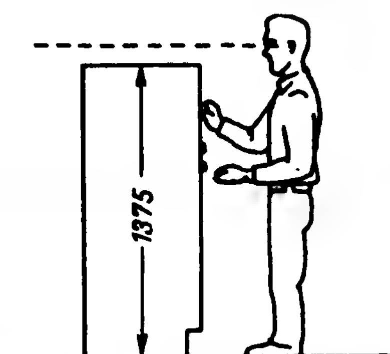




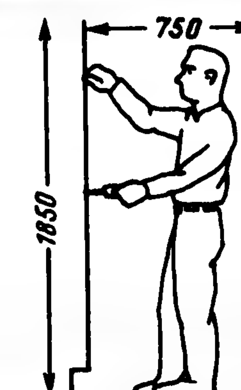
Оптимальные габариты рабочего пространства даны с учетом измерений тела оператора небольшого роста. Дополнительное пространство должно быть предусмотрено для расположенных рядом операторов.

В тех случаях, когда от оператора требуется смотреть поверх какой-то детали оборудования, в качестве стандарта должен приниматься человек небольшого роста.

Для операций, выполняемых сидя, высота верхней кромки не должна превышать высоту сидения более чем на 630 *мм*.



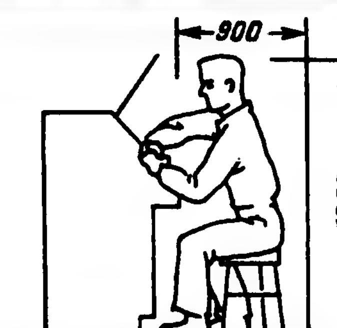
На вертикальных щитах органы управления не должны помещаться выше чем на 1,85 *м* от пола. Сзади оператора необходимо оставлять свободное пространство шириной около 750 *мм*.



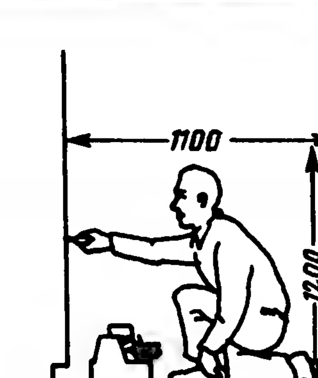
Если оператору для манипулирования органом управления или для наблюдения за прибором требуется наклоняться, необходимо предусмотреть достаточное пространство позади оператора.



Для ухода за оборудованием или для ремонта, который производится сидя, следует обеспечить свободное пространство, достаточное для манипулирования инструментами.



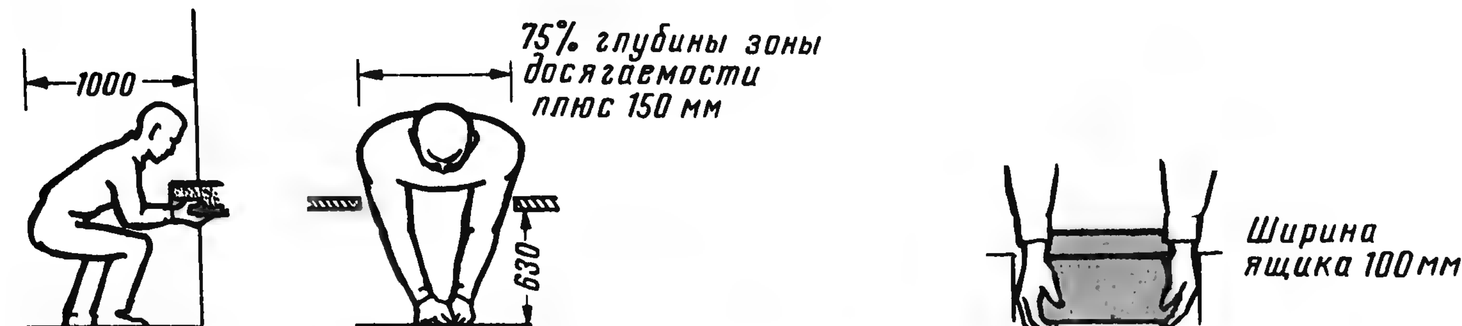
Для наладки и ремонта оборудования в нижних частях щита часто необходимо приседать на корточки.



Хотя рабочее положение, показанное на этом рисунке, не рекомендуется, оно иногда необходимо, чтобы произвести ремонт оборудования. Показаны минимальные размеры.

Если ремонтник должен выполнять свою работу, как показано на иллюстрации, не забывайте планировать его задачу так, чтобы ему не приходилось долго оставаться в этом положении. Помните о возможности попадания грязи или смазки на лицо и в глаза рабочего и обеспечьте средства, предохраняющие его от этого.

Размеры свободного пространства, необходимого для выполнения различных работ, показаны ниже. Все размеры приблизительные.







конструирование пультов и компоновка панелей

Конструирование приборных панелей и их компоновка в хорошую, с точки зрения инженерной психологии, систему всегда сводятся к поиску компромисса. В каждом случае важно направить процесс конструирования таким образом, чтобы обеспечивалось нахождение наилучшего из возможных вариантов. Как и при конструировании любого изделия, инженеру в момент, когда он приступает к разработке приборных панелей, чрезвычайно важно уже иметь ответы на определенные технические вопросы. Чтобы правильно воплотить принципы инженерной психологии в конструируемой им панели или пульте, инженер или художник-конструктор должен прежде всего ответить на следующие вопросы.

ВОПРОСЫ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ПУЛЬТОВ И КОМПОНОВКЕ ПАНЕЛЕЙ

- КАКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НАКЛАДЫВАЮТ ПРИМЕНЕНИЕ СТАНДАРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОГРАНИЧЕННОСТЬ ПРОСТРАНСТВА ОПЕРАТОРСКОГО ПУНКТА?
- КАКИЕ НЕОБХОДИМЫ СРЕДСТВА ВИЗУАЛЬНОЙ ИНДИКАЦИИ? КАКОГО РАЗМЕРА ОНИ ДОЛЖНЫ БЫТЬ? КАКИЕ ИЗ НИХ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ДОСТУПНЫ ОПЕРАТОРУ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ И КАКИЕ ЛИШЬ НАЛАДЧИКУ?
- КАКИЕ НЕОБХОДИМЫ ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ? КАКОГО ОНИ ДОЛЖНЫ БЫТЬ РАЗМЕРА? КАКИЕ ИЗ НИХ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ДОСТУПНЫ ОПЕРАТОРУ И КАКИЕ НАЛАДЧИКУ?
- КАКИЕ НЕОБХОДИМЫ СРЕДСТВА АКУСТИЧЕСКОЙ ИНДИКАЦИИ И КАКИЕ СРЕДСТВА СВЯЗИ МЕЖДУ ОПЕРАТОРАМИ?
- В КАКИХ УСЛОВИЯХ БУДЕТ ПРОТЕКАТЬ РАБОТА ОПЕРАТОРА (ОСВЕЩЕНИЕ, ШУМ, ТЕМПЕРАТУРА, ВИБРАЦИЯ, КАЧКА)?
- КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА ОПЕРАТОРА: БУДЕТ ЛИ РАБОТАТЬ ОДИН ОПЕРАТОР ИЛИ БРИГАДА, НЕПРЕРЫВНО ИЛИ С ПЕРЕРЫВАМИ, В КАКОМ ПОЛОЖЕНИИ (СТАТИЧЕСКОМ ИЛИ ДИНАМИЧЕСКОМ)?
- КАКИЕ СРЕДСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ТРЕБУЮТСЯ ВО ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ И В ПЕРЕРЫВАХ МЕЖДУ НИМИ?

ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРАВИЛА КОНСТРУИРОВАНИЯ ПУЛЬТОВ

Органам управления и индикационным устройствам, которыми оператору придется пользоваться наиболее часто, интенсивно и быстро, надо отдавать предпочтение при выборе места их размещения на панели или пульте. Выбор зависит от функциональных требований: расстояния, на котором считывается показание, угла зрения, освещенности, наличия других приборов, расположения и способа приведения в действие связанных между собой органов управления.

Органы управления должны быть установлены так, чтобы каждый из них достаточно выделялся, был удобен при использовании и расположен правильно по отношению к прибору, на показания которого он влияет. Следует избегать такого расположения органов управления, при котором оператор может случайно задеть их или они могут нанести травму обслуживающему персоналу. Органы управления, которые должны использоваться одновременно, требуют особого внимания в отношении обеспечения удобства пользования ими.

Визуальные индикаторы должны быть ориентированы так, чтобы параллакс и блескость были минимальны, а освещенность и расстояние от глаз оператора — оптимальны.

Громкоговорители должны размещаться так, чтобы легко распознавались содержание сообщений и положение источника сигнала. Все элементы на пультах должны компоноваться свободно, без «скученности», с расчетом на оптимальное функционирование каждого из них, причем должное внимание следует уделять свободному доступу к оборудованию для ухода за ним и для его ремонта. Необходимо учитывать также взаимное расположение пульта и другого оборудования, оставляя достаточные проходы.

ПРИМЕЧАНИЕ. См. правила экономии движений на стр. 6-42.

Когда решены принципиальные вопросы, надо приступить к сооружению макета. Макет не требует тщательной проработки деталей, но должен быть выполнен строго в масштабе. На этой стадии рекомендуется изготовление миниатюрного макета: им легче пользоваться, и в то же время он содержит все, что требуется для решения задачи; это позволяет сэкономить много материалов и времени по сравнению с натурным макетом (1 : 1). Можно рекомендовать масштаб 1 : 8, поскольку на таком макете, как будет показано ниже, легко применить общие правила проверки габаритов с учетом данных антропометрии. Масштабная модель может быть сделана из таких материалов, как картон, дерево, пенопласт и т. п.

Чтобы помочь конструктору в создании макета, мы приводим некоторые данные по измерениям человеческого тела и связанному с этим расположению панелей, которые верны для подавляющего большинства случаев, встречающихся при конструировании пультов. Шаблоны для изготовления двумерного манекена в масштабе 1 : 16 приводятся ниже. Такая модель окажется полезной не только при макетировании, но и при разработке технических чертежей (см. также стр. 2-141—2-175: Мебель и рабочее место). Манекен рекомендуется изготовлять из прозрачной пластмассы толщиной 1,5 *мм*, а шарнирные соединения делать на заклепках. Вместо пластмассы можно использовать также твердый картон.

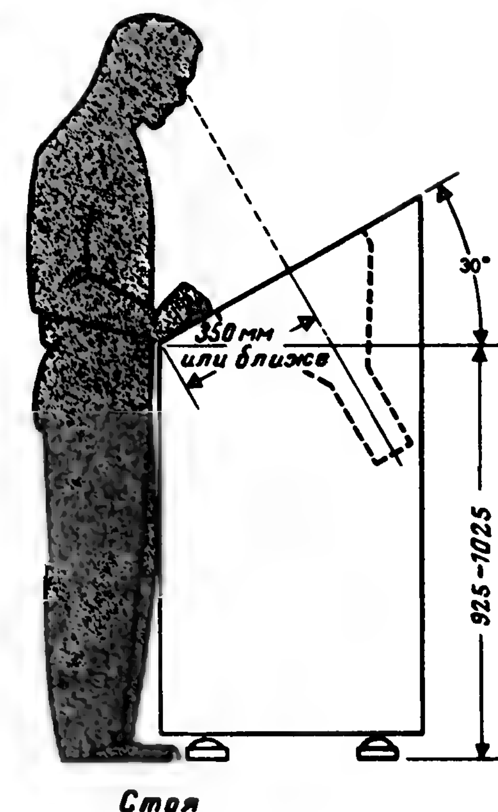


В собранном виде

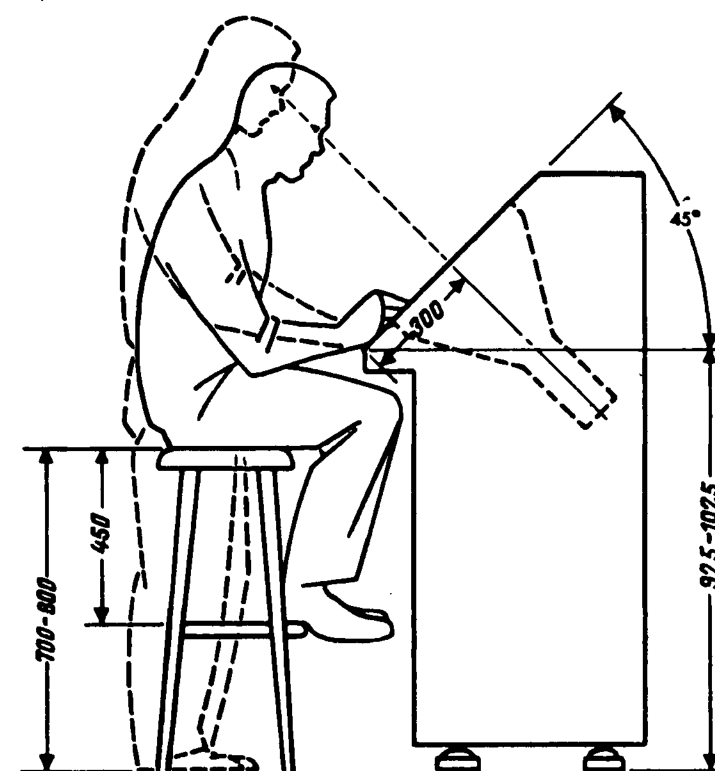


В разобранном виде

Масштаб 1:16

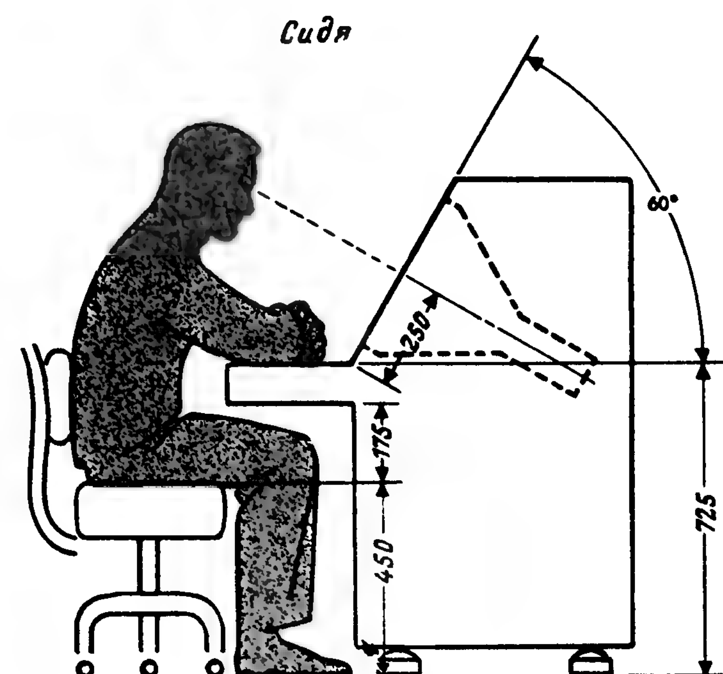


Стоя

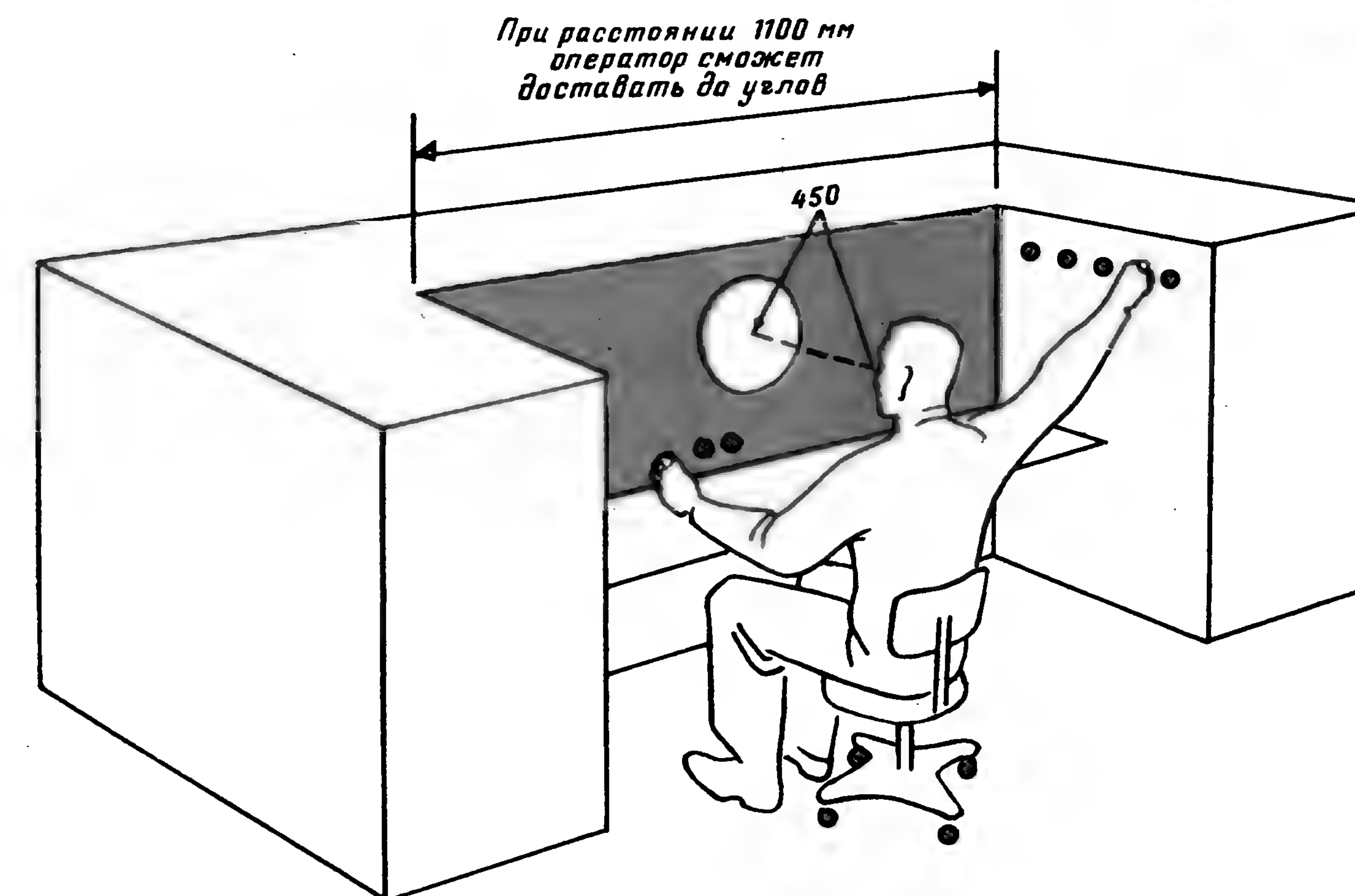


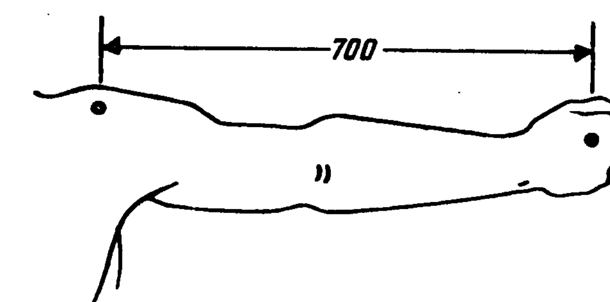
Стоя-сидя

Сидя



Иллюстрации показывают рекомендуемые величины углов, под которыми следует располагать визуальные индикаторы (например, катодно-лучевую трубку). Приведенные данные, конечно, лишь приблизительны. Однако они соответствуют антропометрическим показателям почти 90% мужского населения.

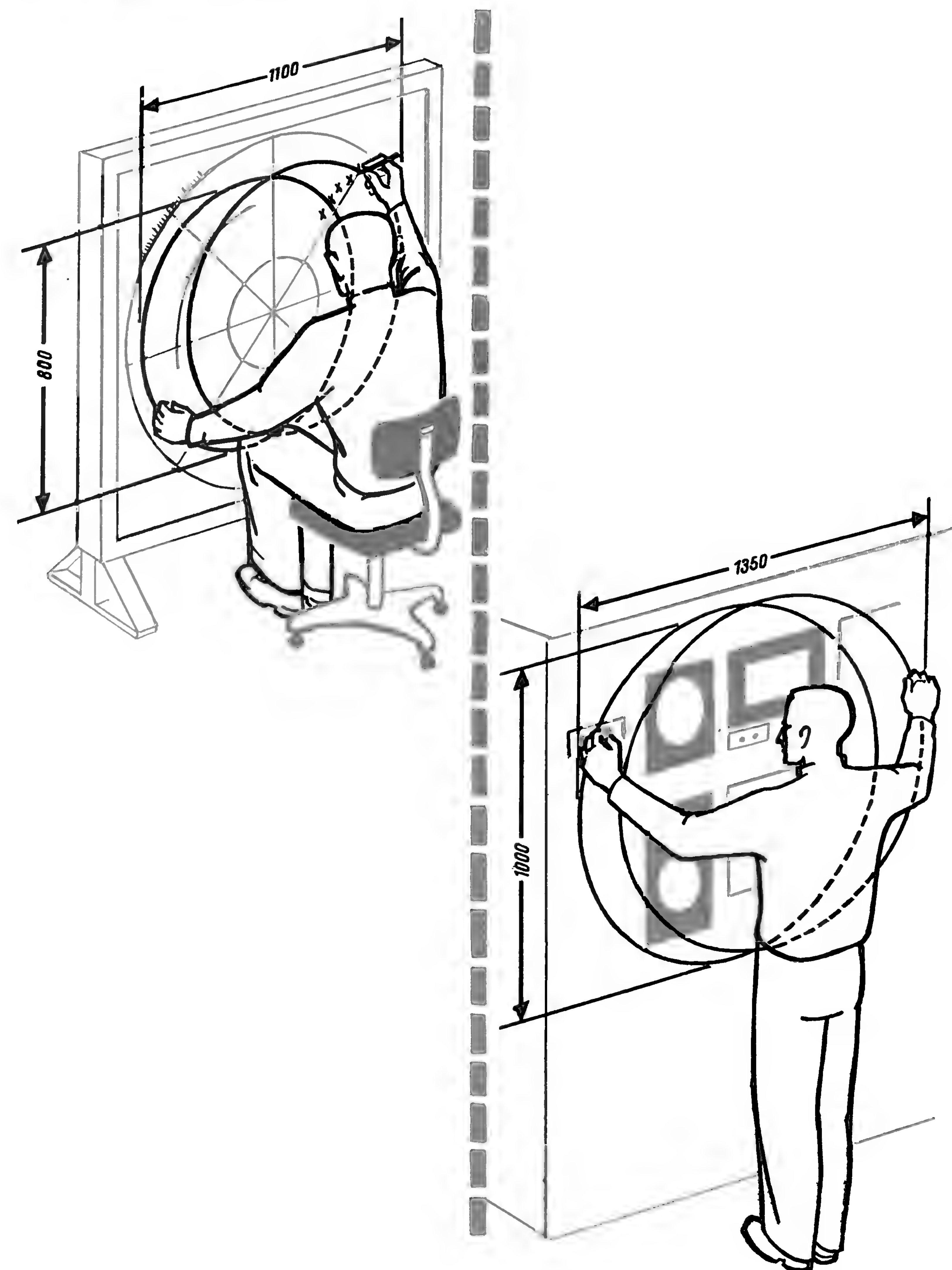




Размеры приборной панели пульта зависят прежде всего от нормальной зоны досягаемости руки оператора. Вообще говоря, нормальная зона досягаемости руки равна в среднем 700 *мм*, считая от точки вращения плеча. Это правило, очевидно, не может считаться жестким и незыблемым, поскольку оператор в большинстве случаев имеет возможность изгибать тело и таким образом увеличивать полезную длину руки. Следует, однако, помнить, что оператор не может наклоняться в двух направлениях сразу, поэтому рассчитывать на гибкость его тела надо только в случае явной необходимости.

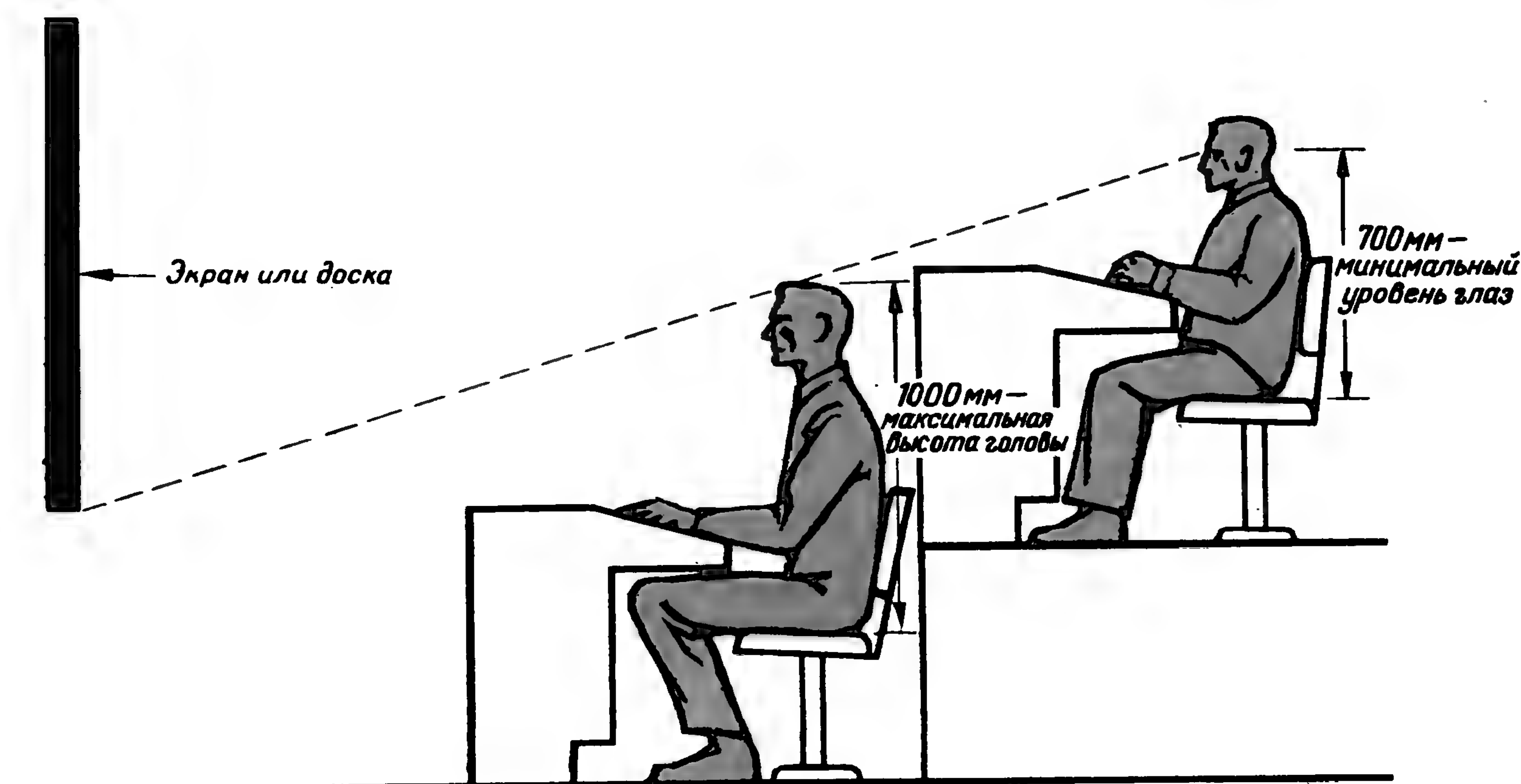
Пределы удобного расположения органов управления на панелях пультов управления, наклоненных под углами 60, 45 и 30°, показаны на иллюстрациях, помещенных на предыдущей странице. Визуальные индикаторы ограничивают возможные положения оператора, а некоторые специальные приспособления ограничивают его подвижность также по соображениям безопасности. Пределы удобного расположения особенно ограничены, когда оператор вынужден находиться в фиксированном положении.

14 Заказ № 492



На рисунках, помещенных на предыдущей странице, показана зона досягаемости руки при статическом положении оператора сидя и стоя на расстоянии нормального зрения (700 *мм*) от небольших приборов. Это не максимальные пределы досягаемости руки, а пределы, учитывающие более или менее обычные наклоны тела оператора.

Часто бывает важно оценить измерения человеческого тела с точки зрения их максимальных и минимальных значений, потому что мы не всегда можем полагаться на размеры среднего человека. Иллюстрация, помещенная внизу, показывает случай, когда нельзя ограничиться данными средних измерений.



После того как принято грубое решение относительно формы и размеров панели или пульта, необходимо сгруппировать компоненты, которые должны быть размещены на панелях. Компоненты будут несомненно соперничать в отношении оптимального положения на панели, так что должны быть найдены компромиссы. Для наилучшего компромисса в организации панели рекомендуется прежде всего классифицировать компоненты по группам.

А	Б	В
Индикатор локатора кругового обзора Рукоятки настройки индикатора: фокусировка и яркость переключение диапазонов усиление видеосигнала	Переговорное устройство Рукоятки настройки переговорного устройства: регулятор громкости ваттметр переключатель частот	Переключатели селектора Тумблеры коммутатора
Г	**Д**	**Е**
Навигационные приборы: компас индикаторы курса ручки их настройки	Контрольно-измерительные приборы: давление в магистрали температура газа в двигателе давление масла расход топлива	Приборы контроля режимов полета: индикатор поворотов и виражей авиагоризонт тахометр альтиметр

Когда все компоненты будут указанным образом разбиты по группам, приготовьте картонные вырезки очертаний каждой отдельной детали. Эти вырезки должны быть выдержаны в масштабе и представлять внешнюю форму таких предметов, как лицевая часть шкалы, рукоятки органа управления и внутренние установочные размеры контрольного устройства или органа управления, которые ограничивают близость расположения соседних компонентов.

Эти вырезки надо затем расположить на предполагаемой площади панели и перемещать до тех пор, пока не будет достигнута наилучшая компоновка, обеспечивающая наибольшее удобство. Выяснить, что у вас нехватает места для расположения всех элементов, гораздо экономичнее на таком макете, чем на полностью смонтированной установке, которую придется потом изменять.

При размещении компонентов на панели следует использовать указанные далее способы *расположения и группирования.*

ПРАВИЛА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРИБОРОВ И ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ НА ПАНЕЛЯХ

ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОГО ЧТЕНИЯ. Для небольшой группы менее чем из пяти контрольно-измерительных приборов, расположенных в горизонтальный ряд, начальное положение стрелок должно соответствовать направлению часовой стрелки «на 9 часов». Для приборов, расположенных в вертикальный ряд, начальное положение стрелок должно быть «на 12 часов».

Для групп из шести или более приборов используйте расположение по рядам и столбцам. Это лучше, чем растягивать их в один ряд, что чрезмерно удлиняет маршрут оператора при их осмотре.

Для нескольких групп приборов, расположенных на одной и той же панели, предусматривайте одинаковое начальное положение стрелок независимо от приведенных выше рекомендаций.

Для измерительных приборов и счетчиков, имеющих линейные шкалы, следует пользоваться теми же общими правилами, что и для приборов с круглыми шкалами.

Расположение отдельных приборов внутри функциональной группы должно определяться последовательностью, в которой следует считывать их показания, чтобы оператор мог поочередно читать показания приборов слева направо или сверху вниз.

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ должны располагаться:

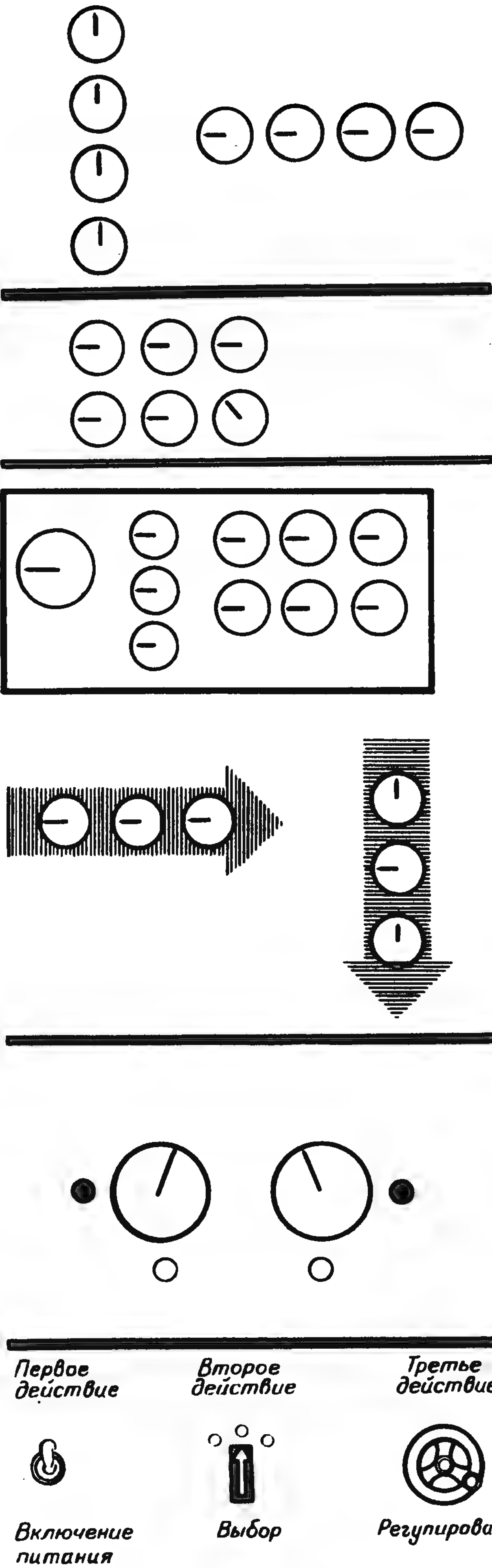
по возможности близко к индикационному элементу, на который они влияют;

внизу или слева для операции, выполняемой левой рукой, и внизу или справа для операции, выполняемой правой рукой;

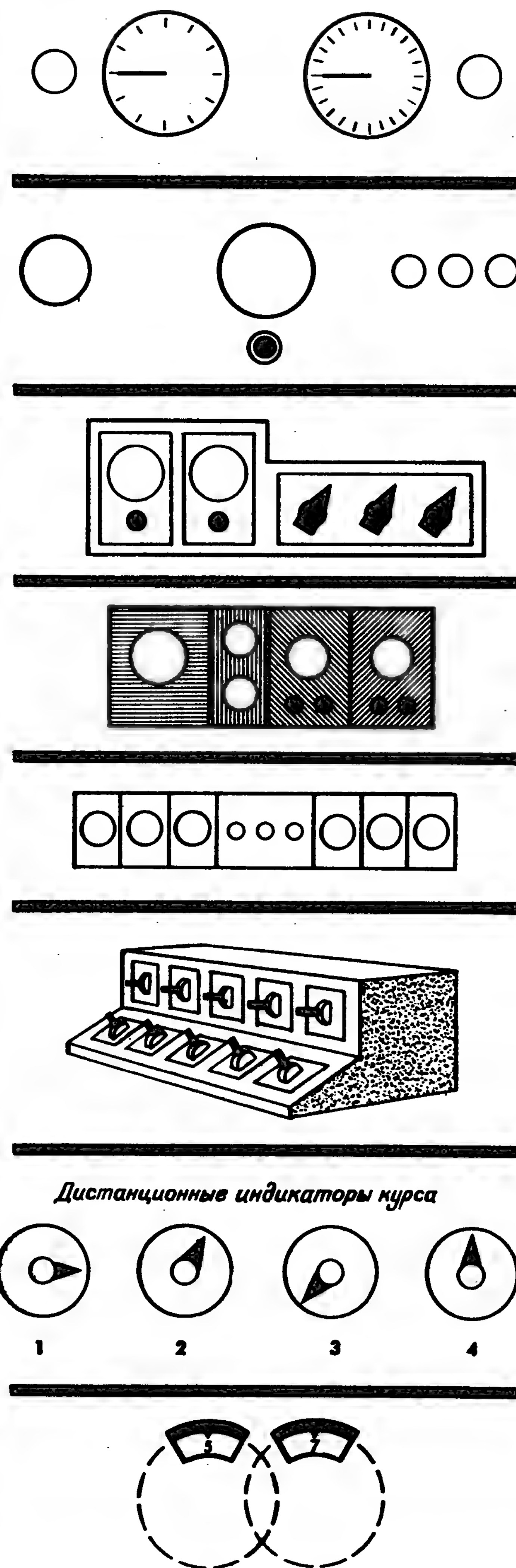
в той последовательности, которая соответствует порядку выполнения рабочей операции;

в зоне оптимальной досягаемости, если речь идет о наиболее часто используемом органе управления;

так, чтобы распределение нагрузки между правой и левой рукой было равномерным; однако рабочие операции, требующие особой точности, например тонкая настройка, должны выполняться правой рукой.



NataHaus



Панели, на которых располагаются КАК ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, ТАК И ИНДИКАТОРЫ, следует монтировать так, чтобы зрительные индикаторы занимали центральную часть, а органы управления находились на периферии, с тем чтобы руки не загораживали зрительно воспринимаемые объекты.

Группирование приборов и органов управления по функциональному назначению (принадлежность к одному агрегату, взаимосвязанность параметров) облегчает их нахождение, что особенно важно для сложных панелей. Такое группирование может быть выполнено несколькими способами:

разделением отдельных групп приборов и органов управления достаточно большими промежутками (при этом горизонтальное разделение предпочтительнее вертикального);

заключением каждой группы в рамку;

выделением групп различной окраской соответствующего участка панели;

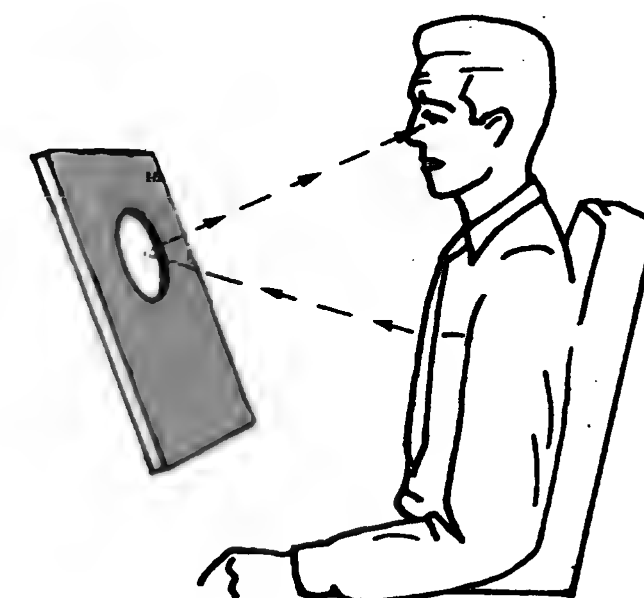
симметрией;

расположением в разных плоскостях.

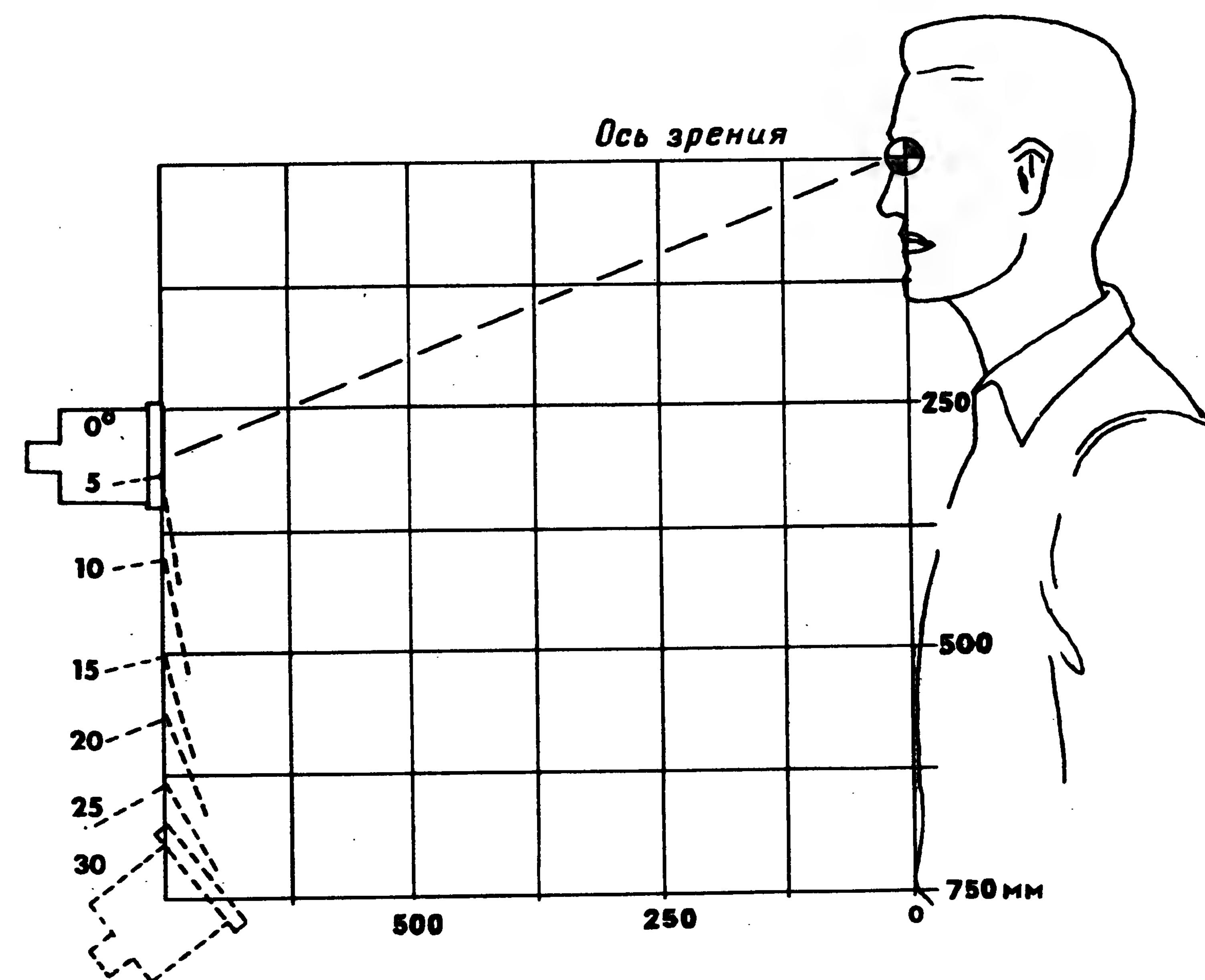
Надписи для данной категории элементов панели должны помещаться одинаково — либо сверху, либо снизу, например, наименование всей группы приборов — сверху (как показано на рисунке), а обозначения отдельных приборов — снизу. Эти обозначения должны содержать наименования измеряемых параметров, а не названия приборов. Торговые марки не должны помещаться на лицевой части шкалы.

Площадь панели можно сэкономить частичным перекрытием шкал в их скрытой от наблюдения части.

Приборы обычно снабжены застекленной крышкой. Эта крышка часто становится источником блеска, который практически лишает возможности видеть штрихи на шкале прибора. Наихудшее положение создается на панелях, которыми пользуются в условиях высокой общей освещенности, как, например, в кабине самолета. Здесь солнечный свет настолько ярко освещает рубашку пилота, что если она отражается в стеклянных крышках расположенных перед пилотом приборов, он совсем не сможет прочесть их показания. Хотя как общее правило рекомендуется располагать приборы перпендикулярно к линии зрения, это на практике создает иногда неудовлетворительные условия наблюдения с точки зрения отражения света. В этих случаях приходится слегка наклонять поверхность прибора относительно линии зрения, как показано на нижнем рисунке.

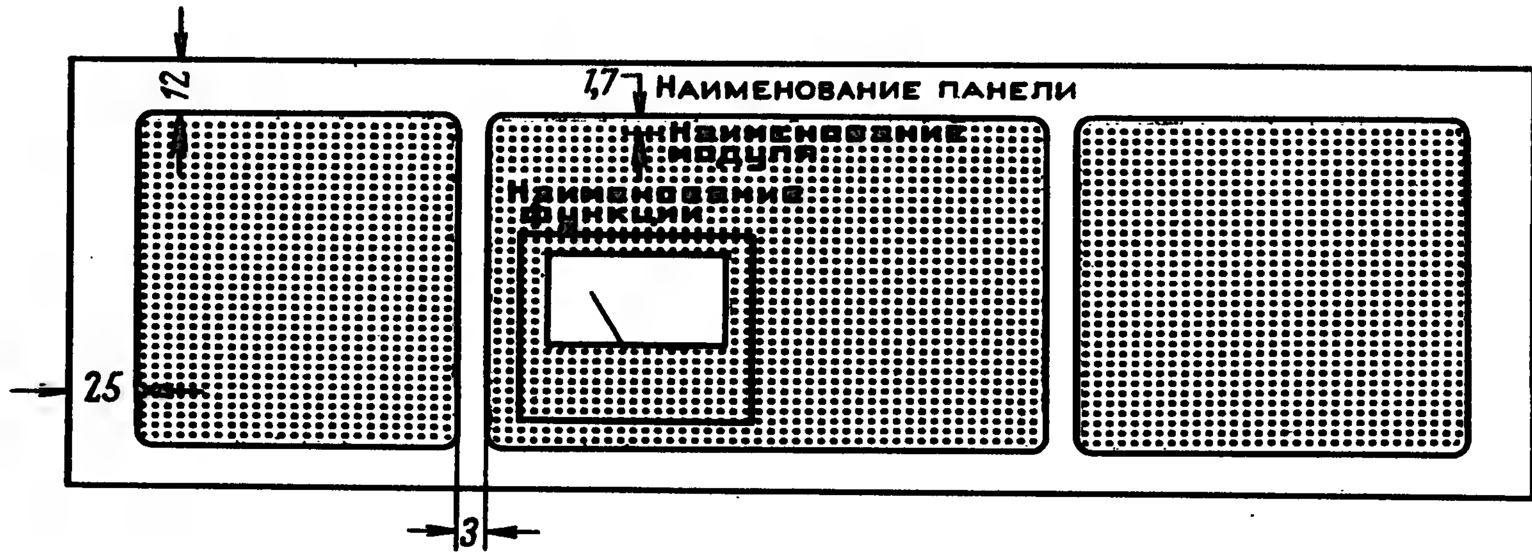


Чтобы предотвратить „самоотражение“



Некоторые фирмы-поставщики выработали свой стиль конструирования панелей, отличающий их от продукции других фирм. Это может иметь положительное значение, облегчая группирование приборов в единый ансамбль. Техника модульного (блочного) конструирования панелей повышает возможности выделения функциональных групп приборов и органов управления. Например, применение темноокрашенного модуля на светлом фоне как бы объединяет элементы в пределах этого модуля.

Пример модульной конструкции панели показан ниже.



Название панели указывается сверху и в центре каждой панели. Модуль располагается на расстоянии 12 *мм* от верха панели, 25 *мм* от ее боковых краев и 5 *мм* от низа панели. Название модуля размещается на нем сверху, как показано на рисунке. Естественно, что ограниченность пространства может иногда потребовать отклонений от этих рекомендаций, но разработчик должен стараться по возможности придерживаться их при всякой новой компоновке.

Помимо правил общей компоновки, часто задаются также правила цветовых выделений, что позволяет выдерживать единство цветовой схемы всего оборудования даже в том случае, когда к старому оборудованию в какой-то момент добавляются новые элементы.

ТИПОВЫЕ ЦВЕТА ОКРАСКИ ЭЛЕМЕНТОВ ПАНЕЛЕЙ

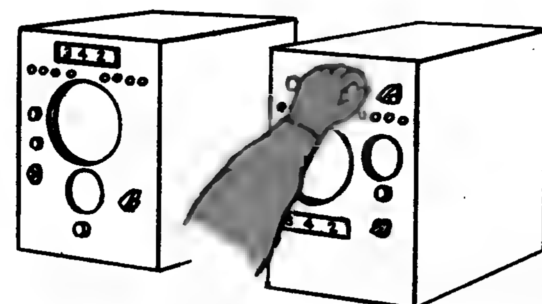
ЭЛЕМЕНТ ПАНЕЛИ	ЦВЕТ	ФЕДЕРАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ США № 595
Основной фон панели	Светло-серый	36492
Неответственные участки панели	Темно-серый	36231
Аварийные и другие ответственные элементы	Красный	31136
Надписи на приборных участках	Белый	37875
Надписи за пределами приборных участков	Темно-серый	36231

Форма шрифта и размеры букв в надписях часто также стандартизируются, так что обычно в стандарте указывается и набор шрифтов.

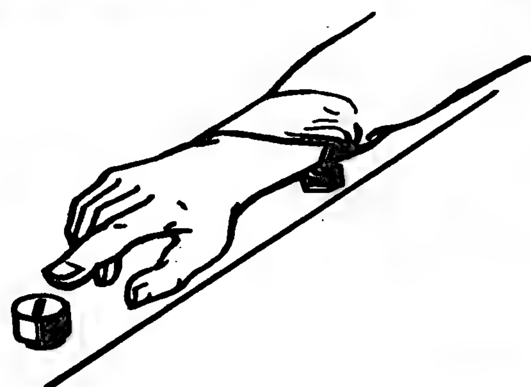
Наконец, в спецификацию включаются также шрифты на органах управления, которые, как правило, определяются поставщиком. При этом в спецификации указываются цвет, размеры, правила размещения надписей и т. д.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ. Хотя основные цели стандартизации ясны, хотелось бы все же предостеречь конструкторов от чрезмерного увлечения эстетическими соображениями в ущерб принципам инженерной психологии. Помните, что плохой стандарт хуже, чем отсутствие стандарта! Проанализируйте сначала настоящие и будущие потребности, а затем при разработке стандартов используйте принципы инженерной психологии. Вполне возможно добиться того, чтобы конечный результат был оптимальным как с точки зрения оператора, так и с точки зрения коммерческих выгод компании.

13 Заказ № 492



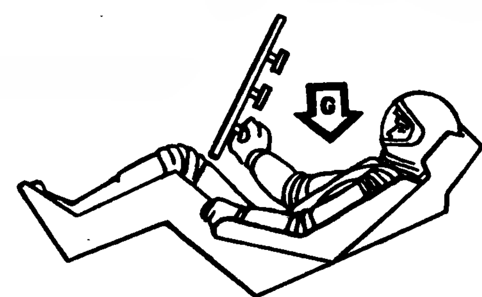
Взаимное расположение визуальных индикаторов и органов управления должно выбираться таким обоup, чтобы оператор при манипулировании органами управления не загораживал индикационных устройств. В общем случае следует устанавливать главные индикационные приборы в центре панели, ближе к уровню глаз оператора, а органы управления компоновать вокруг них на периферии панели.



Проверьте компоновку, чтобы удостовериться, что оператор не может по недосмотру задеть одеждой какой-либо орган управления, когда тянется к другому из них.



Спецодежда, такая как индивидуальный защитный комбинезон пилотов, очень стесняет движения человека. Органы управления и индикаторы должны располагаться так, чтобы оператор мог видеть приборы и манипулировать органами управления, не прилагая особых усилий. Если есть сомнение относительно удобства пользования приборами и органами управления, испытайте компоновку на операторах с применением спецодежды, которая будет использоваться.



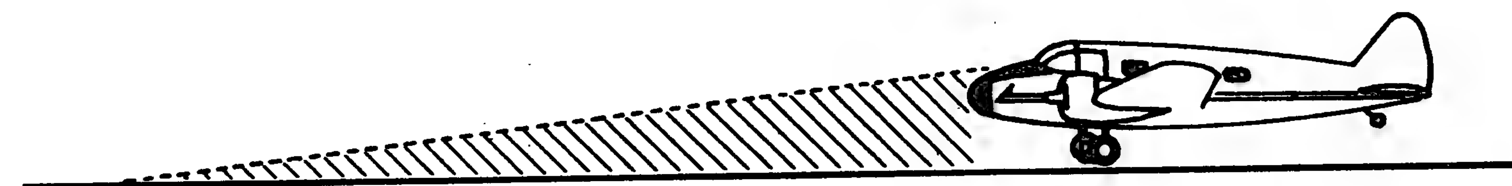
Когда оператор подвергается действию больших перегрузок, амплитуда движений его рук и ног очень часто ограничена всего лишь несколькими сантиметрами. В этом случае органы управления необходимо расположить так, чтобы оператору не приходилось тянуться к ним, или предусмотреть, чтобы ему не нужно было пользоваться труднодоступными органами управления в моменты действия больших перегрузок (см. также стр. 5-33).

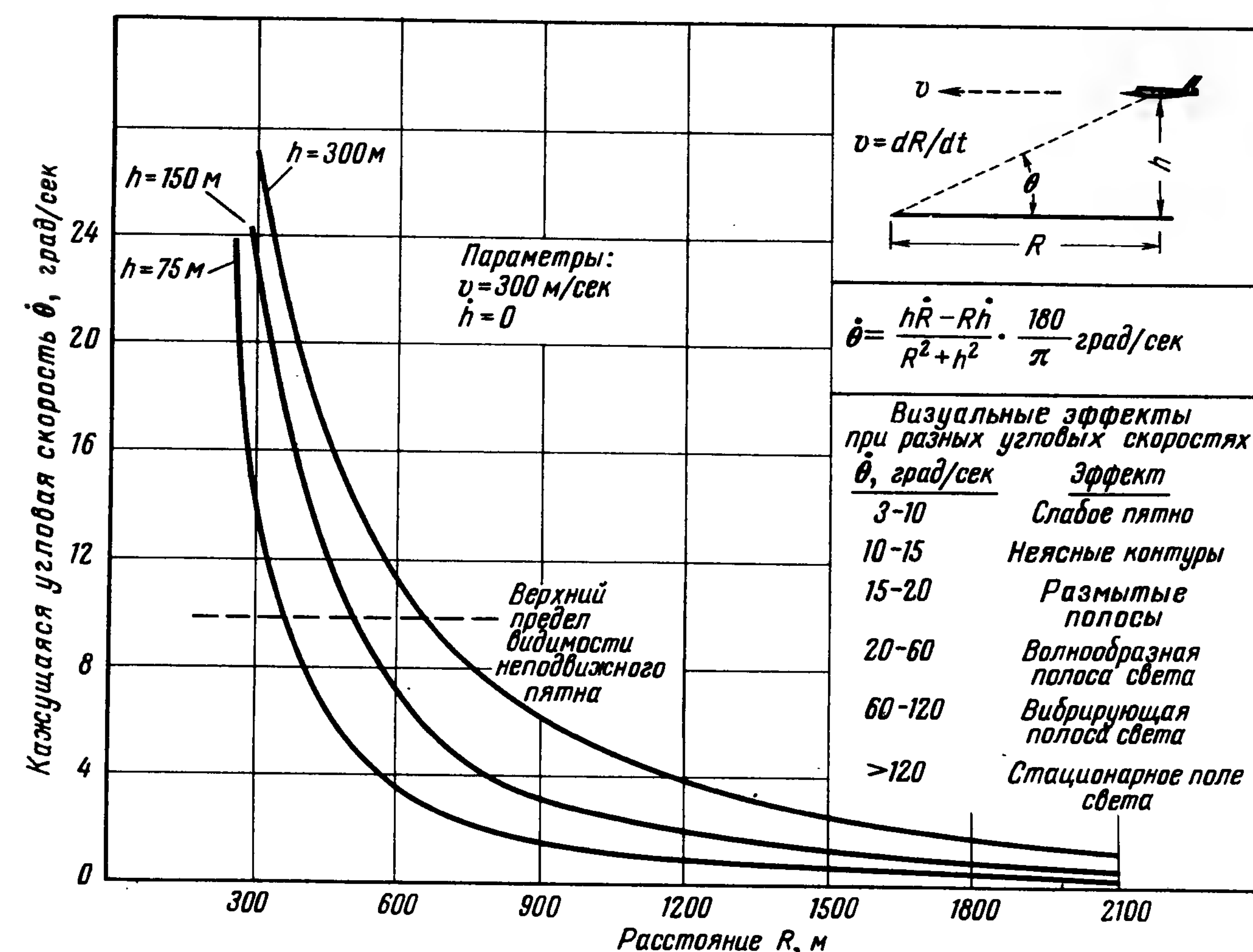
РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНОГО УГЛА ЗРЕНИЯ „ВНИЗ“

Одним из важных визуальных ориентиров, используемых пилотом во время полета на небольшой высоте, служит положение некоторой точки (пятна), кажущейся неподвижной («blur»). Мы знакомы с этим явлением из практики вождения автомобиля. Оно состоит в том, что объекты на переднем плане кажутся быстро движущимися на наблюдателя, тогда как объекты заднего плана кажутся медленно удаляющимися от него. На линии зрения наблюдателя имеется некоторая точка, в которой объекты на одно мгновение кажутся неподвижными, а затем начинают двигаться навстречу наблюдателю с возрастающей угловой скоростью. Расстояние от наблюдателя до этой точки, где объекты кажутся неподвижными, иногда называют расстоянием «блер-порога» (blur threshold).

При анализе условий наблюдения из транспортного средства мы будем считать, что величина этого порога определяет минимальное критическое расстояние, которое должно обозреваться пилотом по курсу движения для эффективного управления самолетом. Пределы блер-порога для нормального человеческого зрения соответствуют относительной угловой скорости от 3 до 10 *град/сек*. При относительной скорости 3 *град/сек* объект впереди наблюдателя будет казаться почти покоящимся, а при 10 *град/сек* он начинает стремительно нестись навстречу наблюдателю так, что почти не может быть распознан.

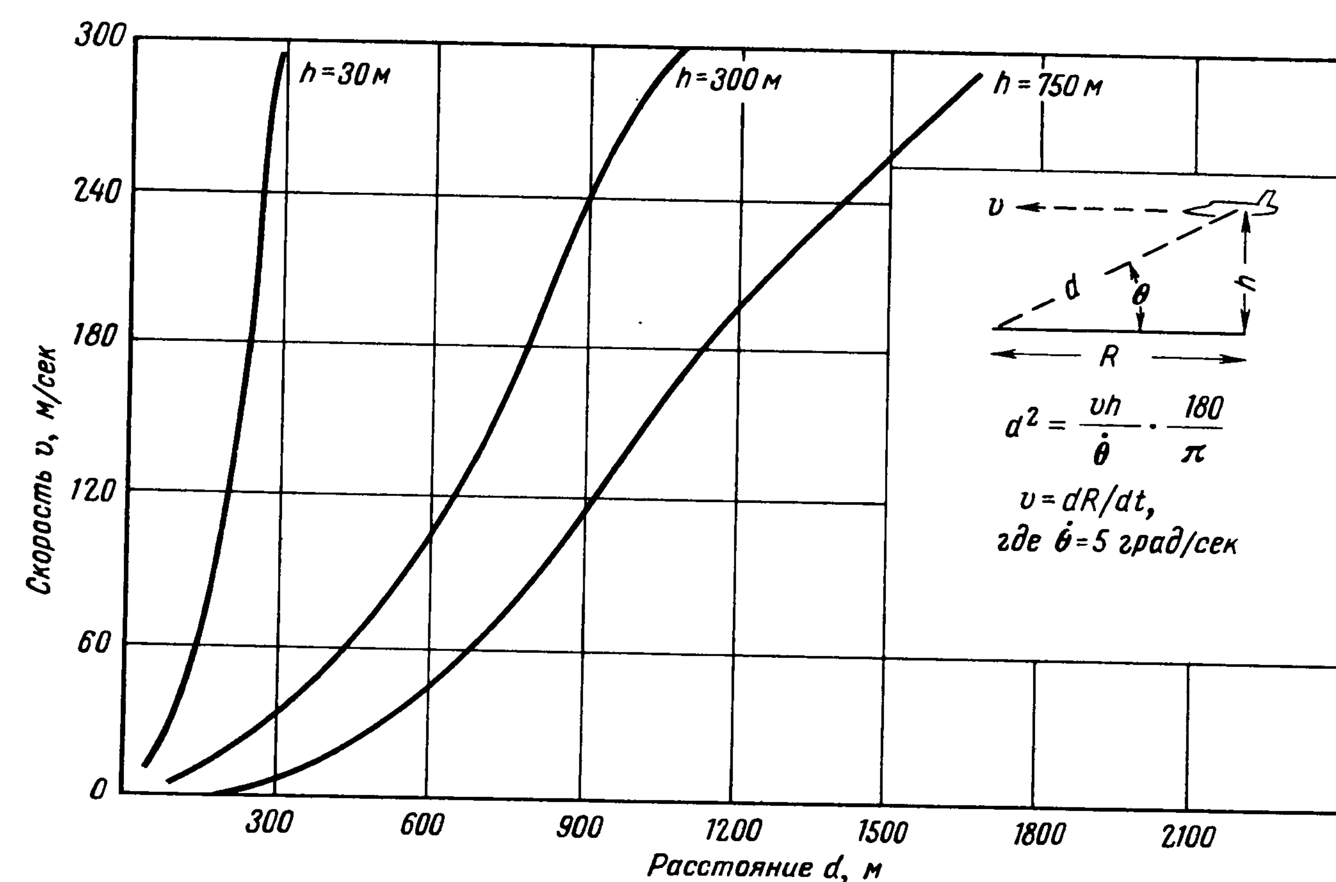
Графики, приведенные на следующей странице, позволяют определить минимальный угол зрения вниз при наблюдении над носом самолета. Приведенные расчеты вовсе не означают, что не следует добиваться бо́льших углов зрения, если это не вредит конструкции самолета. Скорее они указывают тот абсолютный минимум, который надо обеспечить, когда пилот вынужден вести непосредственное наблюдение над носом самолета при выполнении таких маневров, как посадка или выруливание на аэродроме.





КАЖУЩАЯСЯ УГЛОВАЯ СКОРОСТЬ КАК ФУНКЦИЯ РАССТОЯНИЯ (ПО ЗЕМЛЕ) ДЛЯ НИЗКОЛЕТЯЩЕГО САМОЛЕТА

РАССТОЯНИЕ ОТ ПИЛОТА ДО ПЯТНА НА ЗЕМЛЕ КАК ФУНКЦИЯ СКОРОСТИ ПОЛЕТА



мебель и рабочее место

РАБОЧЕЕ СИДЕНЬЕ

Конструирование рабочих сидений охватывает широкую область от создания простейшей скамьи или стула до разработки сложного сиденья с тщательной системой подгонки. Хорошее сиденье может понизить утомляемость и повысить производительность оператора; оно может сэкономить время и энергию человека. Плохое сиденье может привести к плохому самочувствию оператора, фактически воспрепятствовать оптимальному управлению оборудованием и понизить производительность оператора.

За последнее время была проведена большая работа в области конструирования рабочих сидений. Свидетельством ее являются улучшенные стулья для секретарей и чертежников, кресла для пилота самолета и т. д. Приводимые ниже рекомендации не следует рассматривать как окончательные, они дают лишь отправные точки для разработки хорошего рабочего сиденья.

ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ

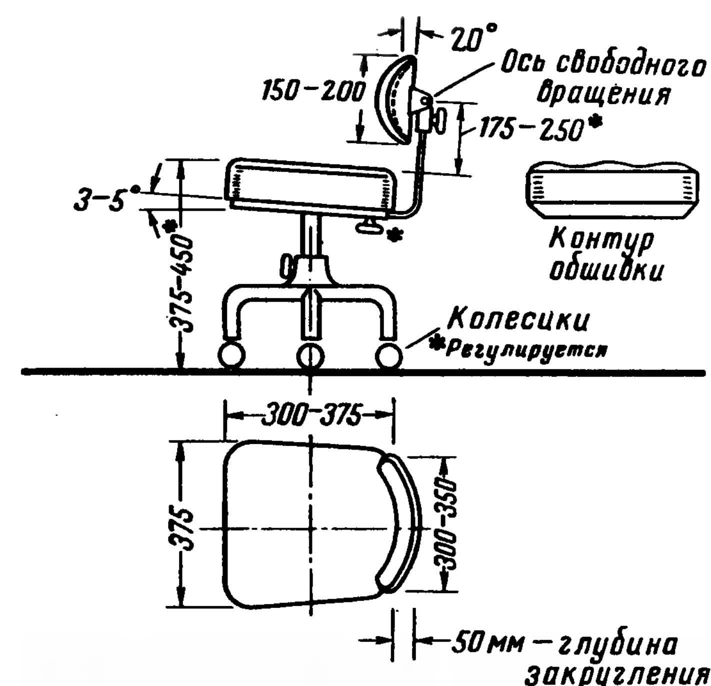
Целью конструирования рабочего сиденья должно быть создание опорной структуры, поддерживающей человеческое тело в процессе выполнения человеком определенного вида работы.

Сиденье должно быть удобным для выполнения планируемых рабочих операций. Оно должно иметь требуемые размеры и допускать регулировку не только по высоте, но и по положению, когда его применение требует подвижности.

Сиденье должно надлежащим образом поддерживать тело и не допускать неправильной позы. Для равномерного распределения веса тела по поверхности сиденья можно применять подушки.

Следует предусматривать подлокотники, если они не мешают выполнению рабочего задания. Для сохранения оптимального расстояния между сиденьем и ступнями ног можно использовать специальные подножки.

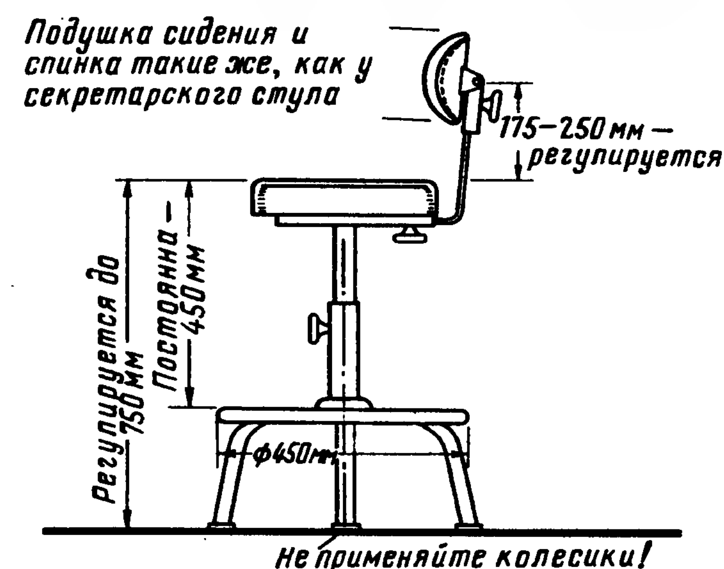
СЕКРЕТАРСКИЙ СТУЛ



Главное требование к конструкции стула такого типа — обеспечение удобной рабочей позы. Хорошая опора для небольшой части спины очень важна для предохранения от утомления в связи с длительным пребыванием секретаря в сидячем положении в течение рабочего дня. Стул должен регулироваться по высоте и быть подвижным. Предусматривайте поворотные движения сиденья и достаточную набивку в сиденьи и спинке. Покрытие должно обеспечивать вентиляцию во избежание потливости в жаркую влажную погоду.

Ручки для регулирования сиденья должны конструироваться так, чтобы ими было удобно пользоваться. Следует помнить, что таким стулом чаще пользуются женщины, не обладающие такой силой рук, как мужчины.

СТУЛ ЧЕРТЕЖНИКА



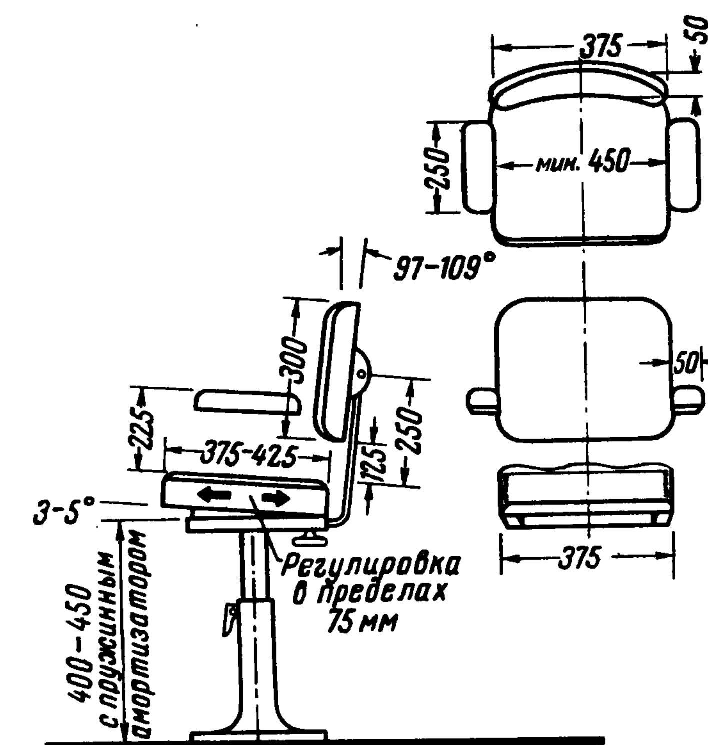
Верхняя часть стула чертежника должна иметь примерно такие же размеры, как и показанный выше секретарский стул.

Однако следует иметь в виду, что стул этого типа обычно применяется у чертежной доски, рабочая высота которой предполагает более высокую посадку. При соблюдении размеров, показанных на рисунке слева, стул можно одинаково хорошо использовать при любой высоте чертежной доски, причем от чертежника требуется минимум усилий для изменения положения. Заметьте, что колесики на ножках стула в данном случае не рекомендуются.

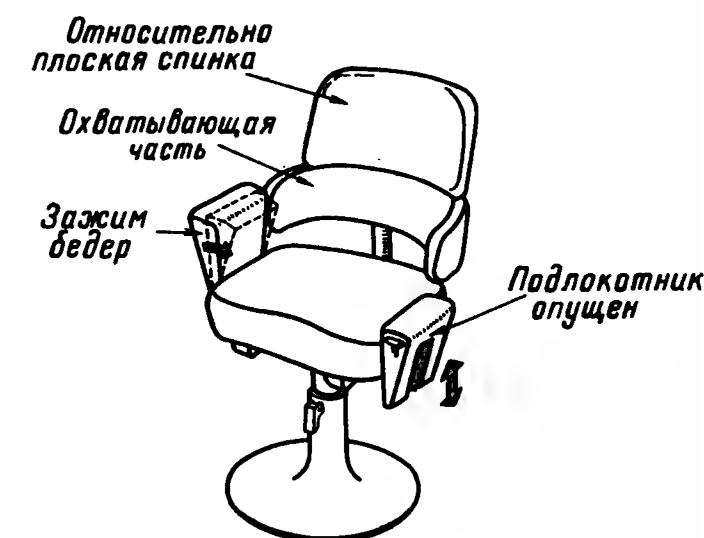
NataHaus

СПЕЦИАЛЬНОЕ КРЕСЛО ОПЕРАТОРА

Кресло, показанное справа, рекомендуется для таких видов работ, как управление сонаром и радаром, наземное регулирование воздушного транспорта и т. п. Стойка кресла, изображенного на рисунке, жестко прикреплена к полу или палубе (например, в случае сонарной установки на борту качающегося судна), однако такое кресло можно снабдить и обычными ножками, применяемыми в конторской мебели. В этом случае колесики могут придать ему повышенную подвижность.

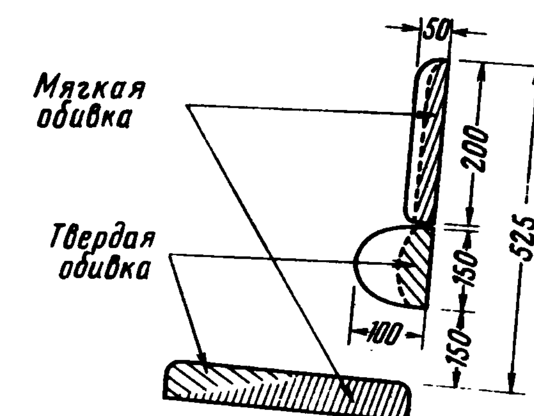


Для дальнейшего повышения комфорта и безопасности оператора можно воспользоваться приемами, иллюстрируемыми рисунком, помещенным справа. Заметьте, что устройство спинки предусматривает не только большую площадь поверхности, но и добавление секции, полукругом охватывающей оператора на уровне его нижнего ребра. Такая конструкция, созданная специально для операторов сонарных установок, помогает стабилизировать положение человеческого тела, когда судно подвергается бортовой и килевой качке в открытом море. Подлокотники могут наклоняться внутрь кресла, закрепляя бедра оператора, так что сиденье удерживает оператора на месте.



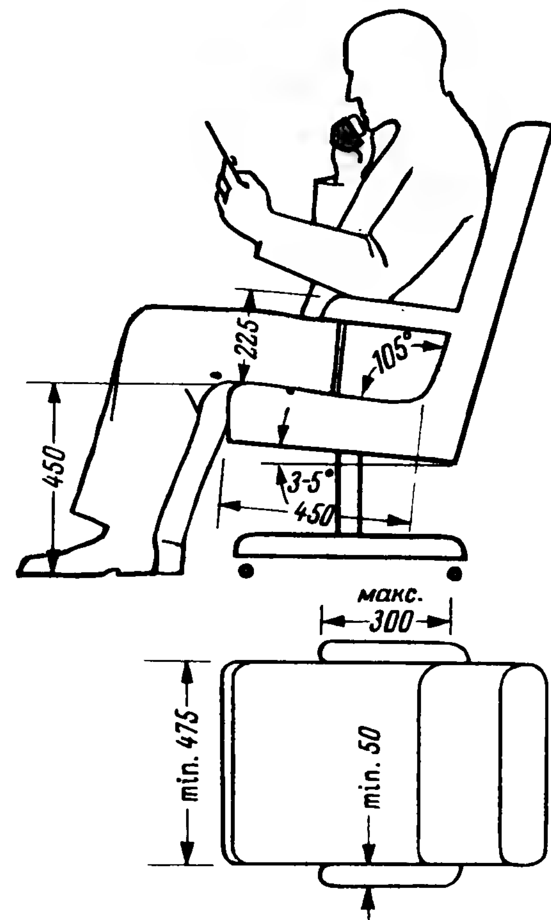
Последним вспомогательным приспособлением, показанным на рисунке, является опускающийся подлокотник, облегчающий подъем оператора с сиденья.

Отметим, что устройство для вращения подушки сиденья этого типа должно предусматривать возможность фиксации сиденья по крайней мере через каждые 45°.



Механизм регулирования положения сиденья в направлении вперед—назад также должен иметь стопоры, фиксирующие его в нужных точках.

Все ручки регулирования сиденья должны помещаться в таких местах, которые допускают пользование ими при выбранном оператором оптимальном положении тела.



КРЕСЛО АДМИНИСТРАТОРА

Кресло администратора должно поддерживать тело сидящего в нем как в процессе работы за столом, так и во время более или менее длительных разговоров, когда сидящий хочет облокотиться на спинку, расслабив тело. Общие размеры этого кресла должны быть больше размеров секретарского стула, причем желательно также предусмотреть подлокотники и устройство, позволяющее изменять наклон спинки. Регулирование положения тела в этом случае менее существенно, чем равномерное распределение веса тела по большой площади. Желательно также предусмотреть подвижность кресла и вращение сиденья.

УЧЕТ РАЗМЕРОВ ЧЕЛОВЕКА ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ КАБИН САМОЛЕТОВ

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ КОЛЕСНОГО ТИПА

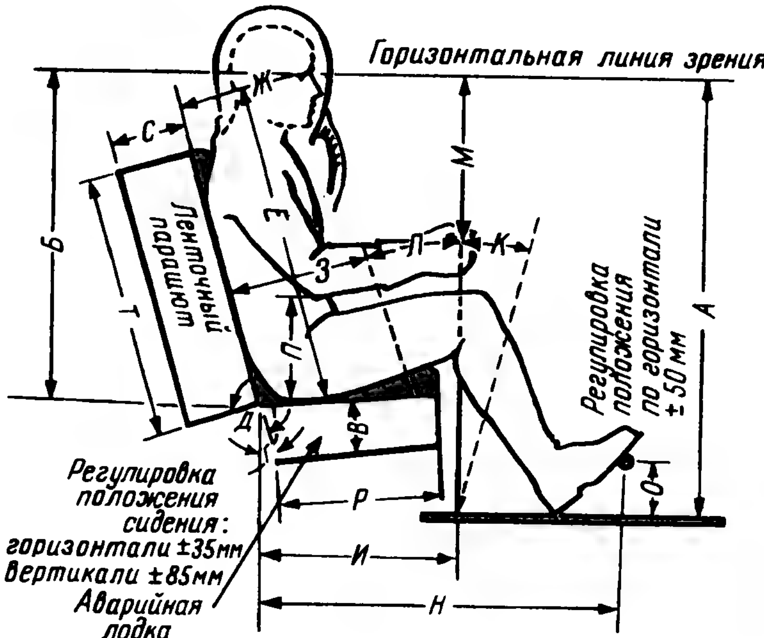
(все значения, кроме Г и Д, даны в миллиметрах)

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т
925	810	125	21°	101°	740	250	430	475	150	225	250	900	125	230	375	175	625
975	822	125	19°	101°	760	244	390	475	150	225	262	875	125	230	375	175	625
1025	840	125	16°	101°	775	244	380	475	150	225	268	862	125	230	375	175	625
1075	846	125	16°	101°	790	250	380	475	150	225	275	862	125	230	375	175	625

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ РЫЧАЖНОГО ТИПА

(все значения, кроме Г и Д, даны в миллиметрах)

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т
925	810	125	21°	101°	740	250	360	475	150	225	290	900	125	230	375	175	625
975	822	125	19°	101°	760	244	345	475	150	225	342	875	125	230	375	175	625
1025	840	125	16°	101°	775	244	340	475	150	225	390	862	125	230	375	175	625
1075	846	125	16°	101°	790	250	325	475	150	225	440	862	125	230	375	175	625



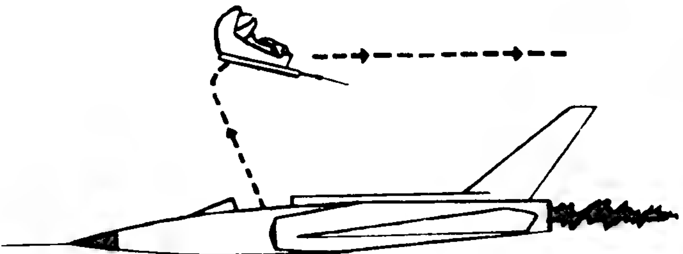
СИДЕНЬЕ ВОЕННОГО ЛЕТЧИКА

При конструировании сидений этого типа особое внимание следует уделять удобству пользования органами управления, расстоянию от поверхности сидения до глаз оператора и обеспечению возможности пользоваться парашютом, ремнями и другими приспособлениями.

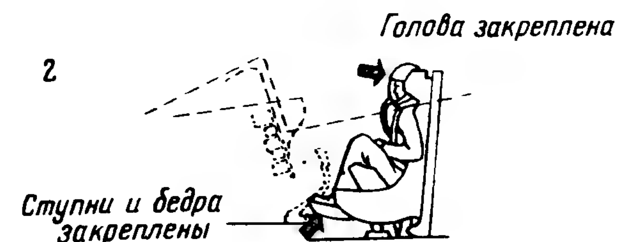
КАТАПУЛЬТИРУЕМОЕ СИДЕНЬЕ ПИЛОТА

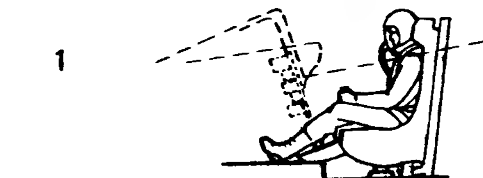
Сиденье летчика (а иногда и других членов экипажа) военного самолета обычно конструируется так, что в случае аварии оно может катапультироваться из фюзеляжа. По мере возрастания скорости военных самолетов создание катапультируемого сиденья становится все более и более сложной задачей. Так, например, в самолете, летящем со сверхзвуковой скоростью, у пилота часто нет возможности просто перевалиться через борт и выпрыгнуть — по причине очень большой высоты или большой скорости полета. Некоторые факторы, которые следует иметь в виду при конструировании катапультируемых сидений, приводятся ниже.

- Сиденье (и пилот) должно катапультироваться на достаточно большую высоту от самолета, чтобы оно не было задето рулем поворота, который часто очень высок на сверхзвуковых самолетах.
- Скорость вылета сиденья должна быть чрезвычайно большой (опять-таки из-за руля поворота).
- Пилот должен быть защищен от мощного потока воздуха, вызванного большой скоростью полета.
- Поскольку катапультирование сиденья производится с большой скоростью, необходимо предусмотреть средство защиты пилота от действия возникающих ускорений. В большинстве случаев сиденье выстреливается, что вызывает действие больших перегрузок на пилота.
- В связи с высокой скоростью катапультирования сиденья должны быть также предусмотрены меры для удержания тела пилота в пределах минимального объема, чтобы при вылете из кабины он не зацепил органов управления, ветрового стекла и т. д.
- Особые меры предосторожности должны быть предусмотрены при необходимости последовательного выброса двух сидений, чтобы одно из них не ударило другое во время катапультирования.
- Должны быть предусмотрены специальные приспособления, обеспечивающие автоматическое раскрытие парашюта в случае, если пилот потерял сознание или по какой-то другой причине не может сам раскрыть парашют.
- При конструировании катапультируемого сиденья должны быть предусмотрены специальные приспособления на случай, если придется совершить посадку на воду или в отдаленной местности.

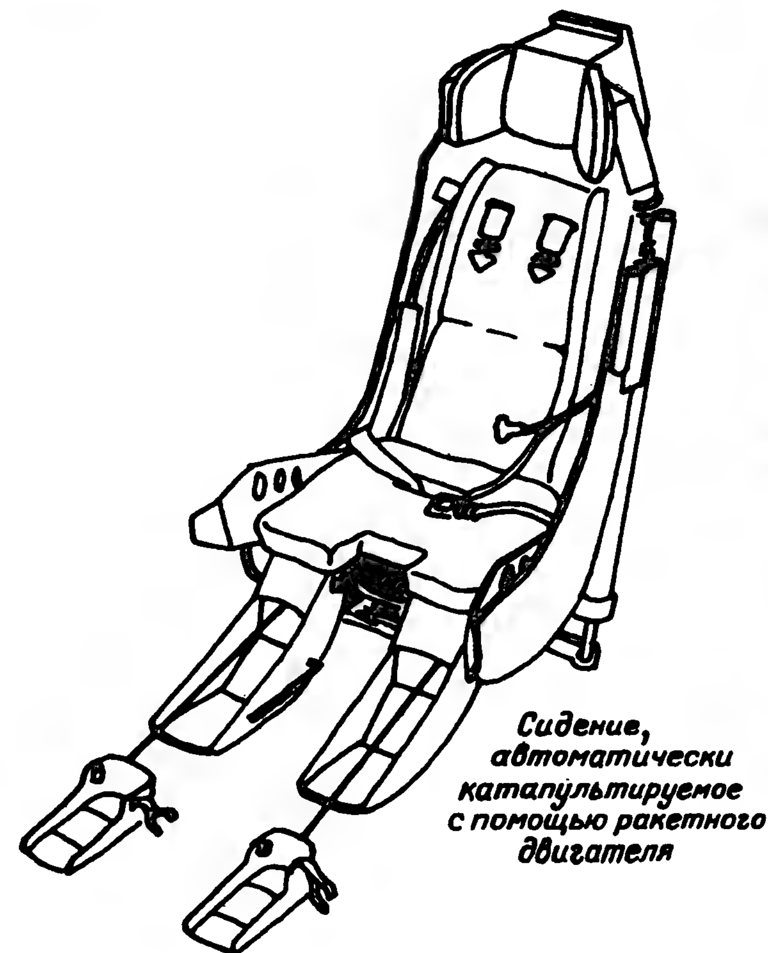








ТИПОВАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ ПРИ КАТАПУЛЬТИРОВАНИИ


Сидение, автоматически катапультируемое с помощью ракетного двигателя

- Особые меры должны предусматриваться для стабилизации положения сиденья в воздухе после катапультирования, поскольку его беспорядочное кувыркание создает дополнительную опасность для пилота.
- Сиденье должно быть сконструировано так, чтобы оно амортизировало сильный удар в момент приземления,— на случай, если пилот решит не расставаться с сиденьем или потеряет сознание.
- При конструировании катапультирующего механизма следует принять особые меры предосторожности, чтобы исключить возможность его случайного срабатывания по неосторожности наземного обслуживающего персонала.
- Необходимо предусмотреть возможность катапультирования с самолета, находящегося на небольшой высоте или на земле.

СИСТЕМЫ КАТАПУЛЬТИРОВАНИЯ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ

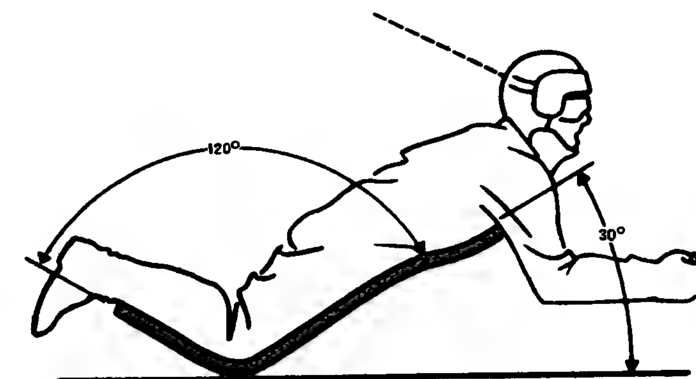


Многое из того, что сказано выше относительно катапультируемого сиденья пилота самолета, применимо и к системам катапультирования экипажей космических кораблей. В большинстве случаев желательно выбрасывать всю капсулу с людьми из корпуса космической ракеты. Однако такое катапультирование сопровождается кратковременным действием больших перегрузок на экипаж, так что манипулировать органами управления при этом возможно только в том случае, если они расположены непосредственно под руками.

ПРИМЕЧАНИЕ. Капсулы с людьми задраиваются на космодроме наземными командами, поэтому необходимо предусматривать для экипажа космического корабля возможность открыть люки после посадки.

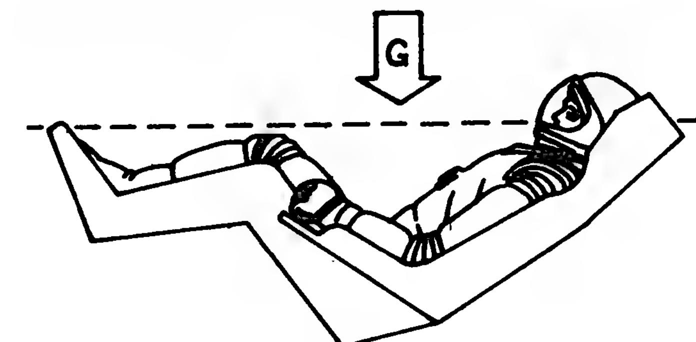
ПОЛОЖЕНИЕ ПИЛОТА ЛЕЖА НИЧКОМ

Этот тип сиденья сконструирован для того, чтобы снизить действие перегрузки на пилота, увеличив тем самым его подвижность. Необходимо правильно выбрать углы наклона различных частей тела, чтобы позволить пилоту манипулировать органами управления и смотреть по курсу полета, а также обеспечить максимум возможных удобств при продолжительном пребывании в самолете. Необходима специальная опора для головы и шеи, чтобы снизить напряжение шейной мускулатуры.



ЛОЖЕ ДЛЯ КОСМОНАВТА

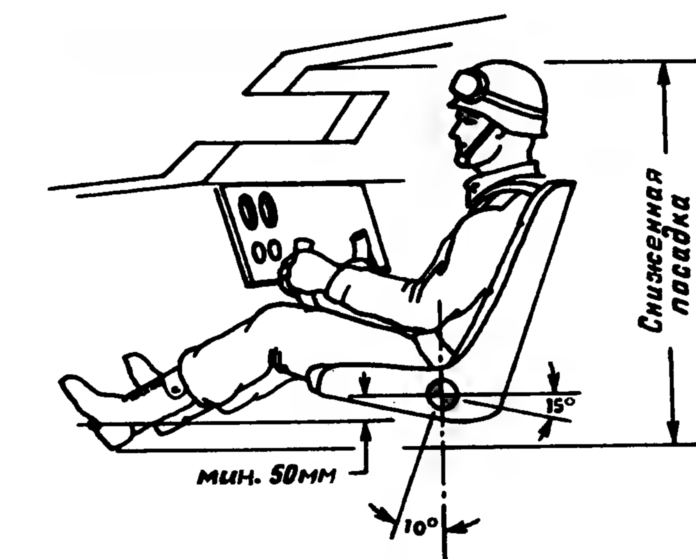
С появлением космических кораблей возникли новые требования к сиденью. Было обнаружено, что человек легче переносит более высокие перегрузки в поперечном направлении, чем в продольном. Учитывая это, сиденье (ложе) располагается так, чтобы ноги и голова помещались на одной горизонтали, как показано на рисунке. Кроме того, ложе конструируется так, чтобы обеспечивалось максимально равномерное распределение веса тела по его контурам. Для этого контуры ложа выполняются отдельно для каждого космонавта, а затем помещаются в стандартную раму или гнездо. Контуры сиденья (ложа) должны обеспечивать также боковую опору, предохраняя мягкие части тела от распластывания и деформации.

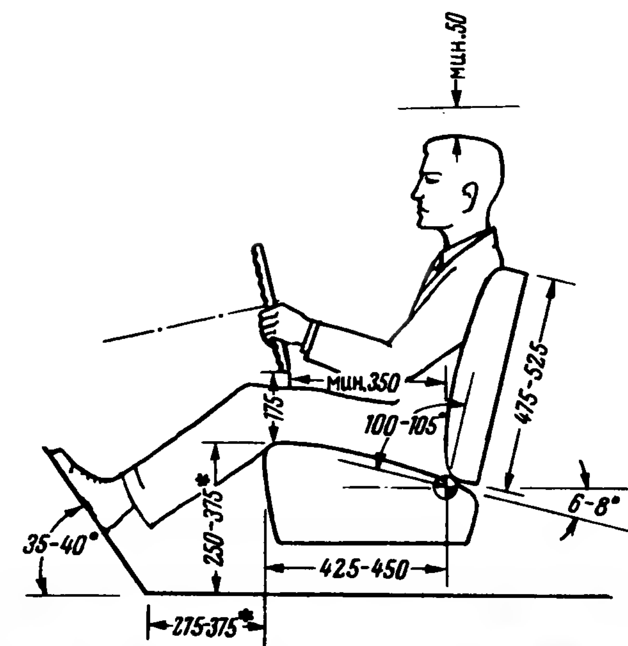


«ПРИЗЕМИСТЫЕ» СИДЕНЬЯ

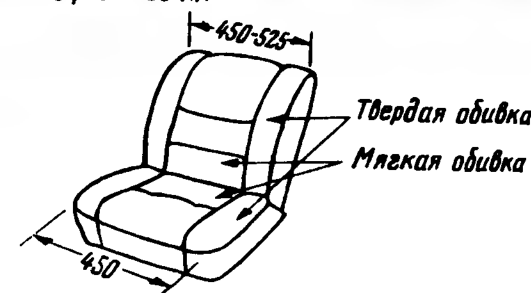
Некоторые транспортные средства, например бронемашины, имеющие очень низкий потолок, требуют как можно более «приземистого» положения тела оператора, как иллюстрируется на рисунке справа.

Показанное положение обеспечивает водителю возможность приложения максимально возможных усилий к педалям и другим ножным органам управления. Заметьте, что оператор должен закрепляться ремнем, потому что свободное пространство над головой, по всей вероятности, будет минимальным и надо предохранить человека от ударов головой о потолок при тряске. Для испытания такого типа сидений всегда требуется изготовление макетов.





Ширина сидения для трех человек в ряд 1450 мм



АВТОМОБИЛЬНОЕ СИДЕНЬЕ

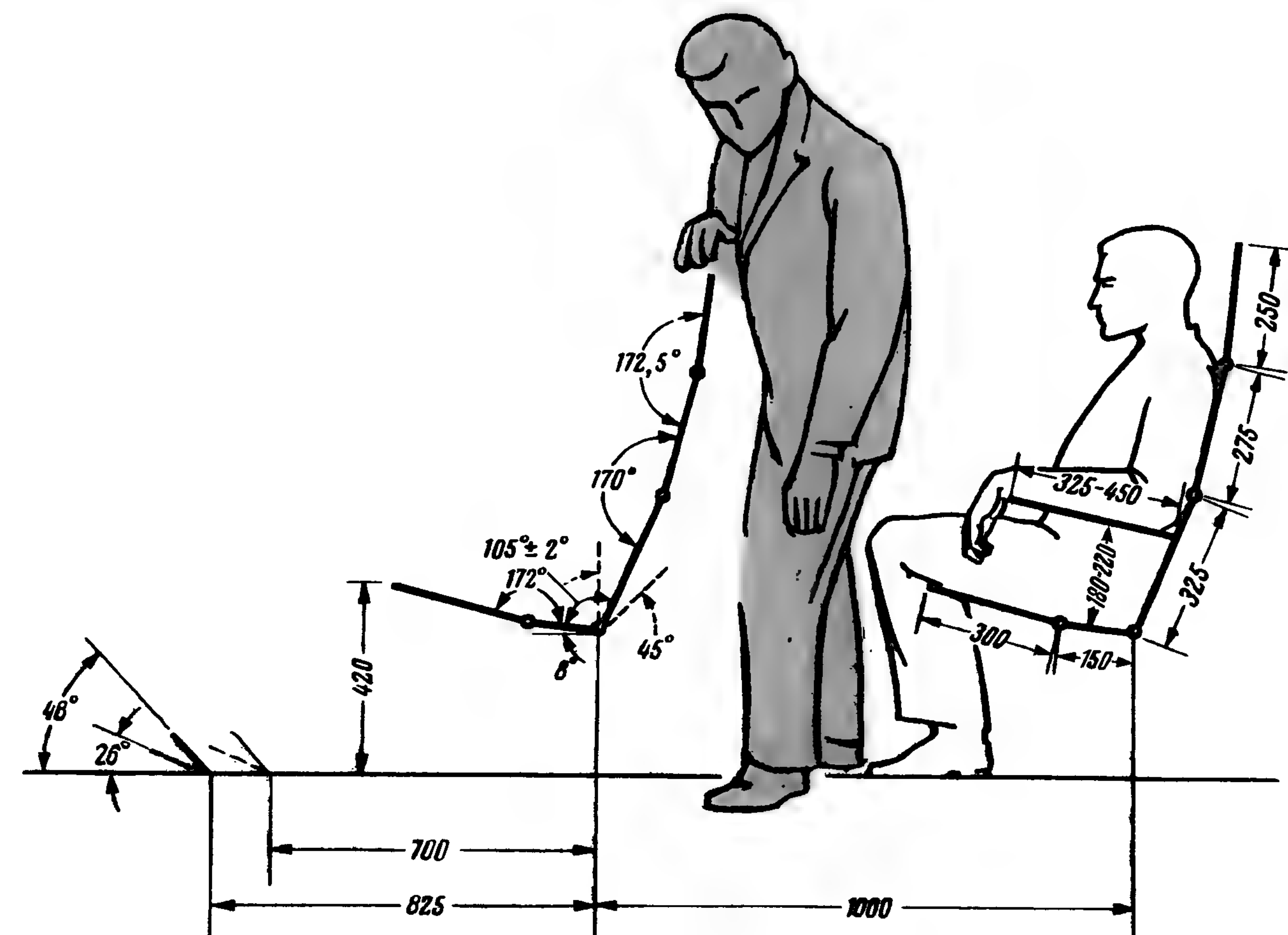
Сиденье водителя должно конструироваться отдельно от сиденья пассажира. К сожалению, в практике конструирования это условие редко соблюдается. Между тем практически невозможно обеспечить правильность посадки и рабочего положения тела водителя, если на этом же сиденьи требуются комфортабельные условия для пассажира.

При соблюдении размеров, приведенных слева, сиденье водителя получается близким к оптимальному с точки зрения поддержания его в бдительном состоянии и обеспечения ему достаточного комфорта при длительном пребывании в пути.

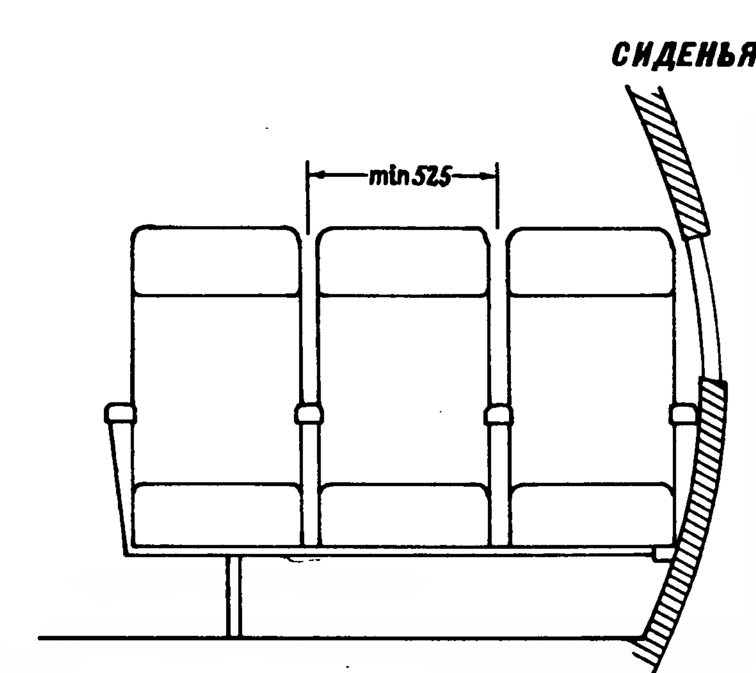
В последние годы среди автомобилистов вновь получила распространение идея создания сиденья в виде люльки, обеспечивающей телу водителя боковые опоры, предохраняющие его от боковой качки.

СИДЕНЬЕ ПАССАЖИРА САМОЛЕТА

Конструирование полулежачих сидений для пассажиров самолета и автобуса вызывает ряд особых проблем регулировки и размещения. Для удобного полулежания в кресле максимальный угол наклона спинки от вертикали составляет 45°. Однако при этом для увеличения вместимости транспортного средства необходимо тщательно продумать габариты кресел, чтобы обеспечить свободную посадку в кресло и вставание.



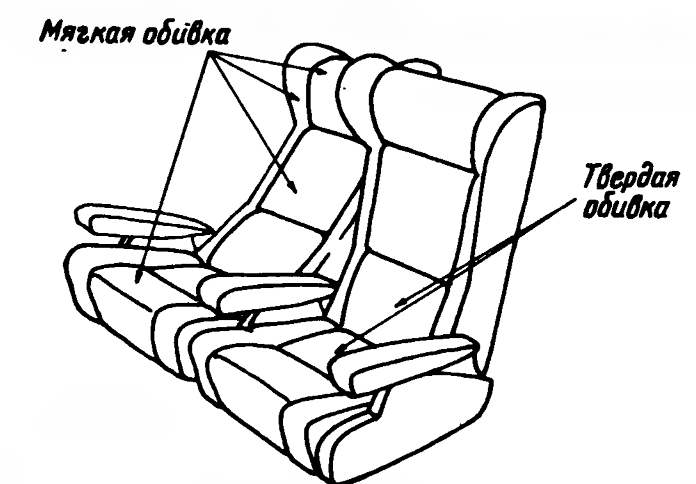
Существуют противоречивые мнения относительно допустимой плотности размещения пассажиров. Авиационные компании, естественно, стремятся в целях экономии разместить как можно больше сидений в самолете. Ширину кресла, указанную на рисунке справа, следует рассматривать как минимальную для полета продолжительностью более часа. Для коротких рейсов этот минимум можно понизить до 480 *мм*.



В сиденьях, показанных на рисунке справа, предусмотрены мягкие подушки для головы пассажира.

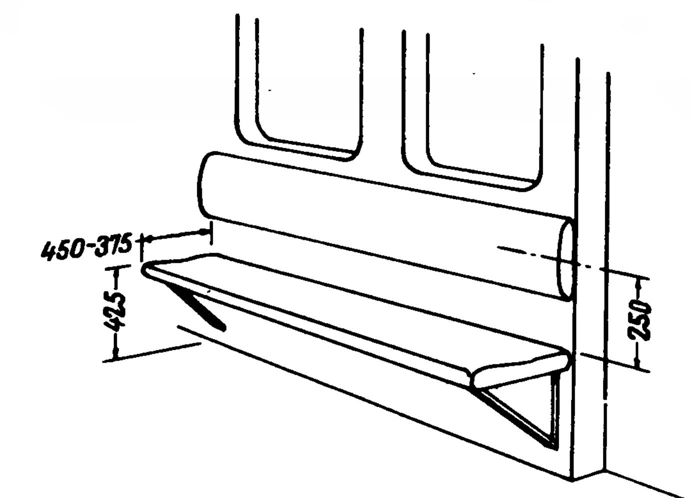
Заметьте, что плотность обивки неодинакова. Твердая обивка более подходит для поддержки частей тела, несущих основную весовую нагрузку; для деталей кресла, соприкасающихся с другими частями тела, желательна более мягкая обивка.

Следует стараться конструировать обивку этих сидений таким образом, чтобы она была удобна пассажиру как в сидячем, так и в полулежачем положении. Поскольку тело человека обладает податливостью и гибкостью, не следует придавать креслу таких контуров, которые плотно облегают тело пассажира, поддерживая его в одном положении, но стесняя в другом.

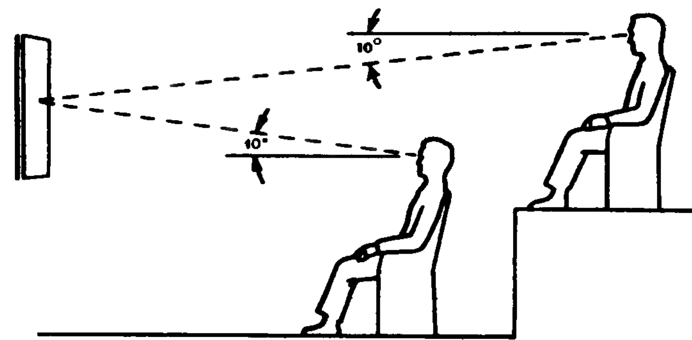


СИДЕНЬЕ С БОЛЬШОЙ ПЛОТНОСТЬЮ РАЗМЕЩЕНИЯ

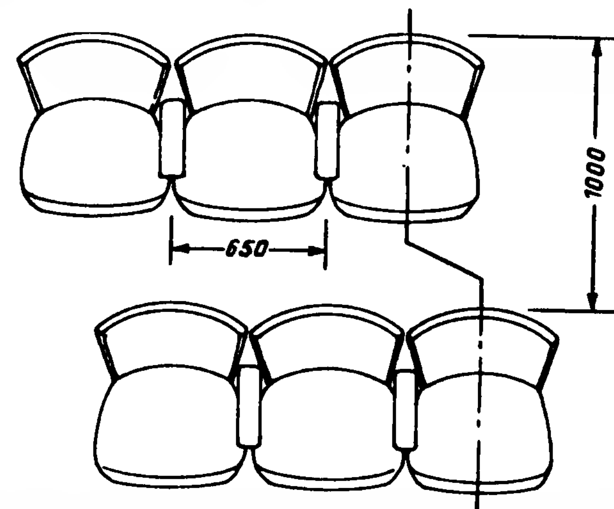
Сиденье с большой плотностью размещения людей проще всего осуществить в виде непрерывной скамьи. При этом худощавый пассажир займет меньше места и больше места достанется пассажиру более тучной комплекции. Однако такие сиденья не обеспечивают достаточной поддержки положения тела и должны поэтому употребляться только для коротких рейсов. Обивка для сидений этого типа должна быть довольно твердой, чтобы снизить качание пассажира на сиденьи.



СИДЕНЬЯ В АУДИТОРИИ

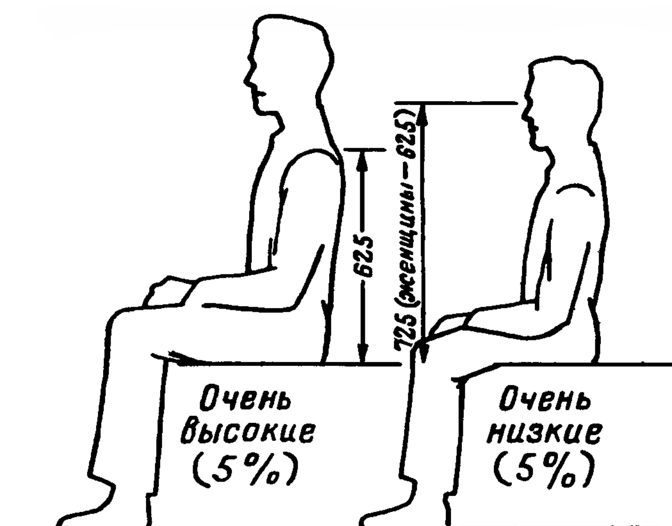


Сиденья зрителей должны быть устроены так, чтобы каждый человек мог видеть наблюдаемый объект без излишнего напряжения. Общее правило состоит в том, чтобы никому не приходилось опускать или поднимать голову больше, чем приблизительно на 10° относительно горизонтальной оси зрения.



Поскольку всегда может случиться, что в аудитории человек небольшого роста окажется сидящим за человеком высокого роста, следует позаботиться, чтобы первый мог смотреть поверх головы впереди сидящего. Можно также расставить кресла в шахматном порядке, чтобы каждый человек мог хорошо видеть объект между головами впереди сидящих.

На иллюстрации слева показаны рекомендуемые расстояния для сидений. Хотя сиденья могут быть расположены и плотнее, это менее удобно, особенно, когда предполагается, что зрители будут находиться в аудитории продолжительное время.



Размеры, указанные на рисунке слева, отвечают требованиям, обеспечивающим возможность человеку небольшого роста видеть над плечом впереди сидящего высокого человека (при расположении сидений в шахматном порядке).

Современный подход к проектированию аудиторий характеризуется индивидуальным подходом к аудиториям различного назначения, начиная от небольшого лекционного зала до огромных спортивных арен. Мы ограничимся рассмотрением только лекционных и зрительных залов.

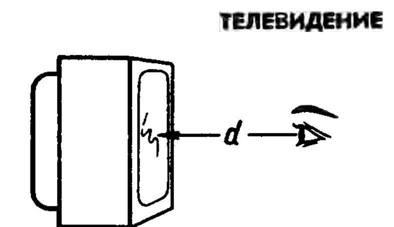
При проектировании классных и лекционных помещений, а также кинотеатров и демонстрационных залов, где производится показ диапозитивов и кинофильмов, в основе планировки сидений должны лежать критерии оптимальной видимости экрана:

РАССТОЯНИЕ зрителей от экрана (максимальное и минимальное);

УГОЛ, под которым может быть виден экран (максимальный);

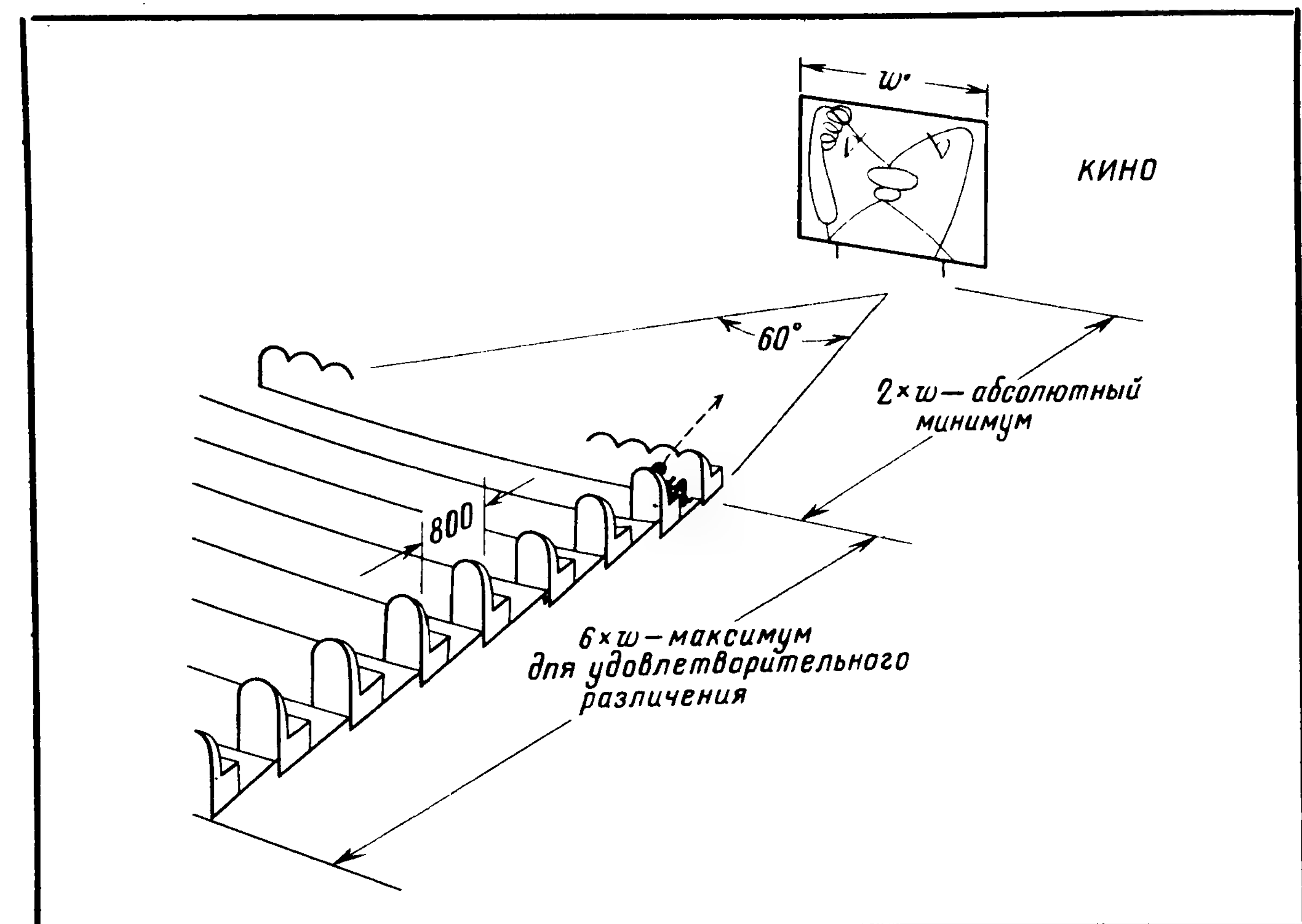
размещение сидений В ШАХМАТНОМ ПОРЯДКЕ или ступеньками (или и то и другое) с тем, чтобы каждому зрителю была обеспечена по возможности хорошая видимость экрана.

ТЕЛЕВИДЕНИЕ



Ширина телевизионного экрана	Расстояние до глаз, м
225	0,45—0,75
375—425	0,75—1,8
425—475	1,8—3
475—575	3—6
575—750	6—9

КИНО



СПАЛЬНЫЕ КРОВАТИ И КОЙКИ

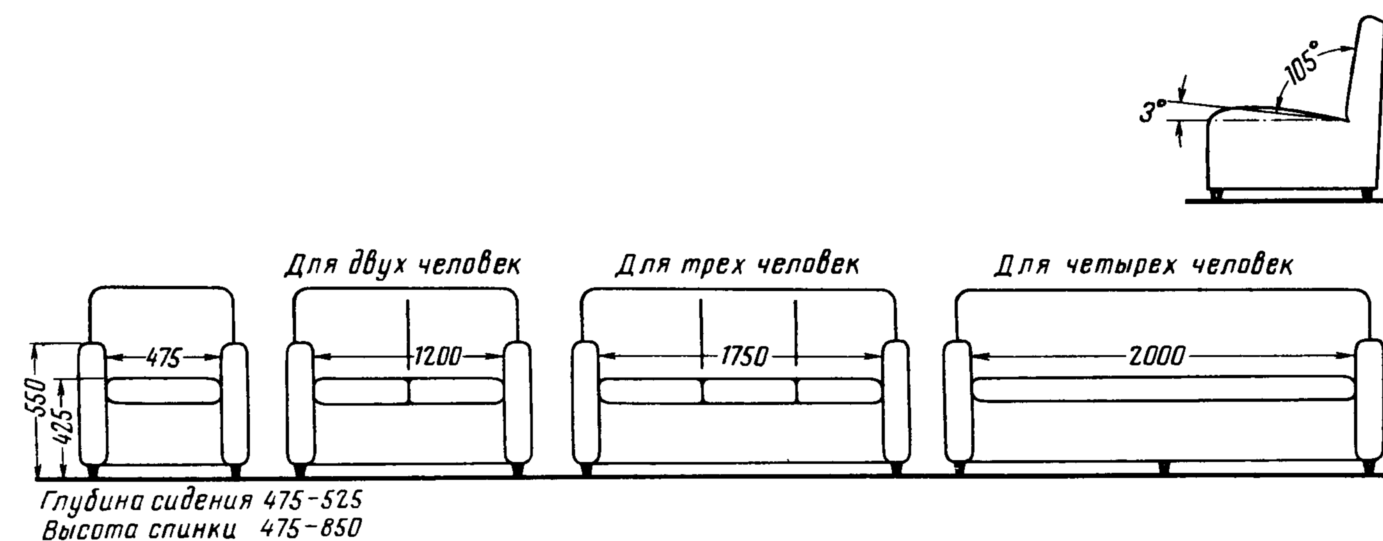
Слева приведены минимальные размеры для коек, размещаемых друг над другом. 500 *мм* — это наименьшее расстояние, которое позволяет человеку на нижней койке повернуться, не стукнувшись о верхнюю койку. Этот минимум должен обязательно соблюдаться, учитывая прогибание пружин верхней койки под тяжелым человеком!

Ширина двуспальной кровати не обязательно должна быть вдвое больше односпальной. Однако при определении длины кровати следует учитывать, что постельное белье собирается складками в ногах лежащего человека. Кровать, длина которой меньше, чем показано на иллюстрации, окажется слишком короткой из-за складок белья и существенно стеснит человека.

РАЗМЕРЫ БЫТОВОЙ МЕБЕЛИ

Хотя размеры мебели не столь ответственны, как размеры оборудования, влияющие на условия работы, конструктору мебели все же следует помнить, что главным фактором, определяющим размеры и форму мебели, является человеческое тело.

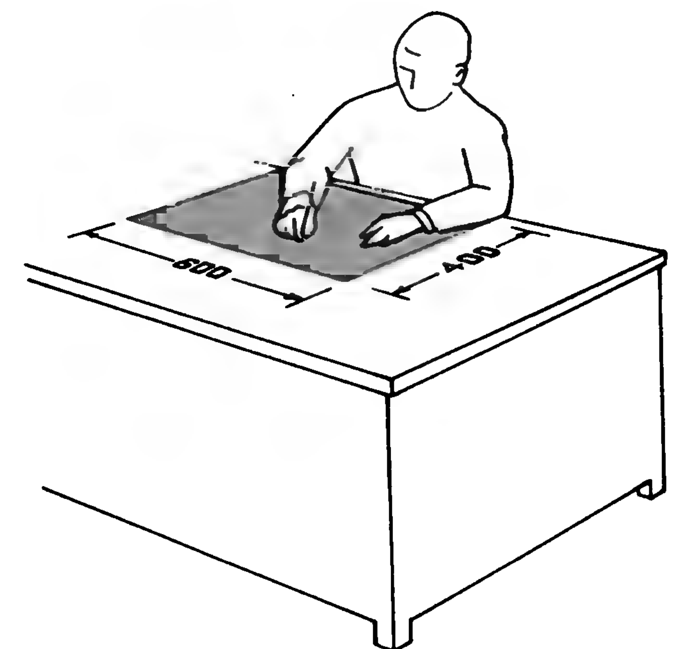
Размеры, приведенные ниже, позволяют создать мебель, пригодную для использования любыми потребителями обоего пола. Обивка мебели должна быть выполнена так, чтобы не образовалось выпуклостей и впадин. В этом отношении особое внимание должно быть уделено многоместной мебели, поскольку один или несколько более грузных людей, сидящих посредине дивана, могут настолько вдавить обивку, что люди, сидящие по краям, будут скатываться к центру дивана.



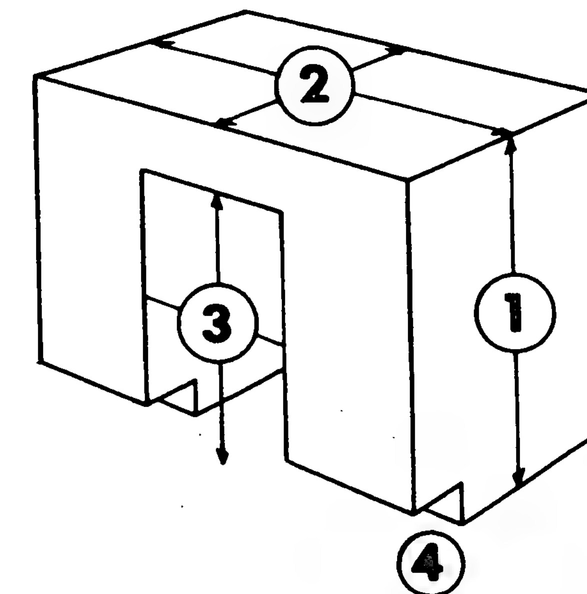
Глубина сидения 475–525
Высота спинки 475–850

ПИСЬМЕННЫЕ И РАБОЧИЕ СТОЛЫ, СТОЙКИ, ВЕРСТАКИ

Как правило, все рабочие поверхности этого вида должны быть на уровне локтя при рабочем положении человека, т. е. при выборе их высоты необходимо учитывать, сидит ли человек при работе или стоит. Неудобная высота стола понижает эффективность работы и вызывает более быстрое утомление. Отсутствие достаточного пространства для коленей и ступней ног обусловливает неправильное положение тела при работе и вызывает постоянное раздражение.



Минимальная полезная площадь для письма



Размеры, на которые следует обращать особое внимание при конструировании:

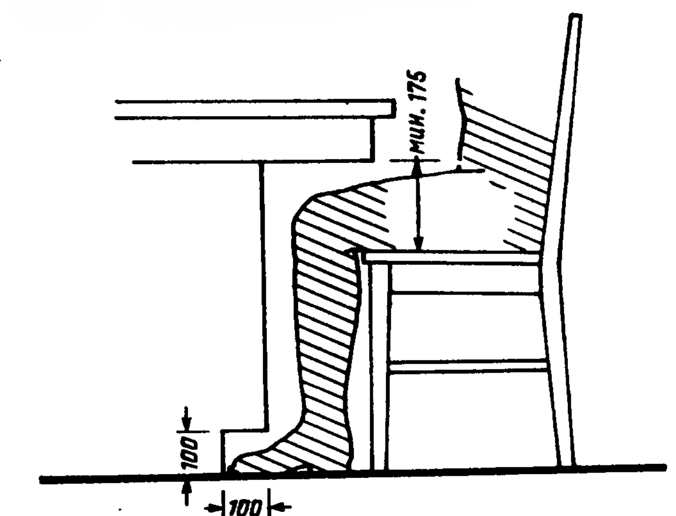
1 Рабочая высота.

2 Рабочая ширина и глубина.

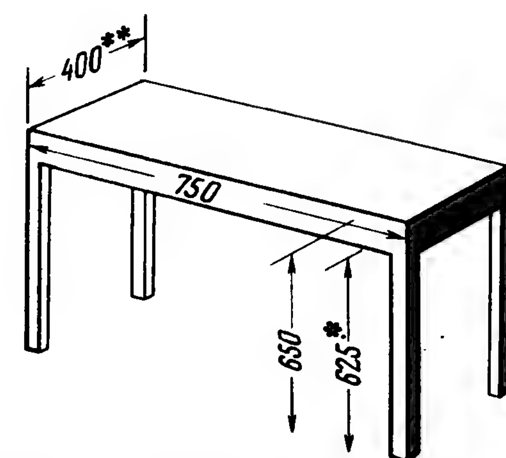
3 Высота и глубина свободного пространства для колен.

4 Пространство для ступней ног.

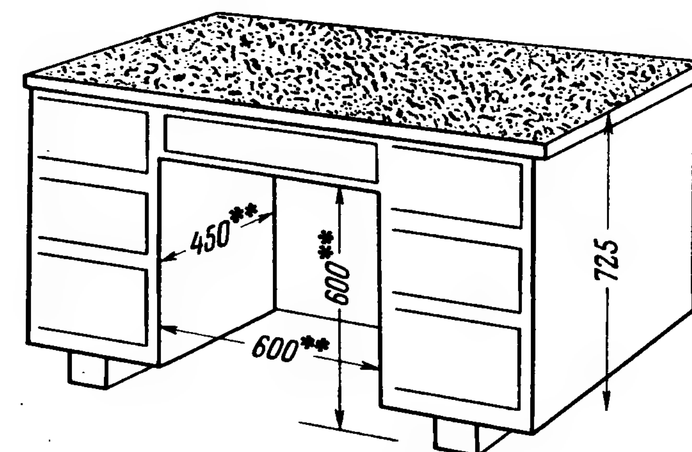
Указанные справа размеры являются *минимально* допустимыми.



В особых случаях следует при изготовлении мебели на заказ руководствоваться таблицами минимальных и максимальных размеров тела, приведенных на стр. 5-16—5-19 и 5-38* — 5-45*.



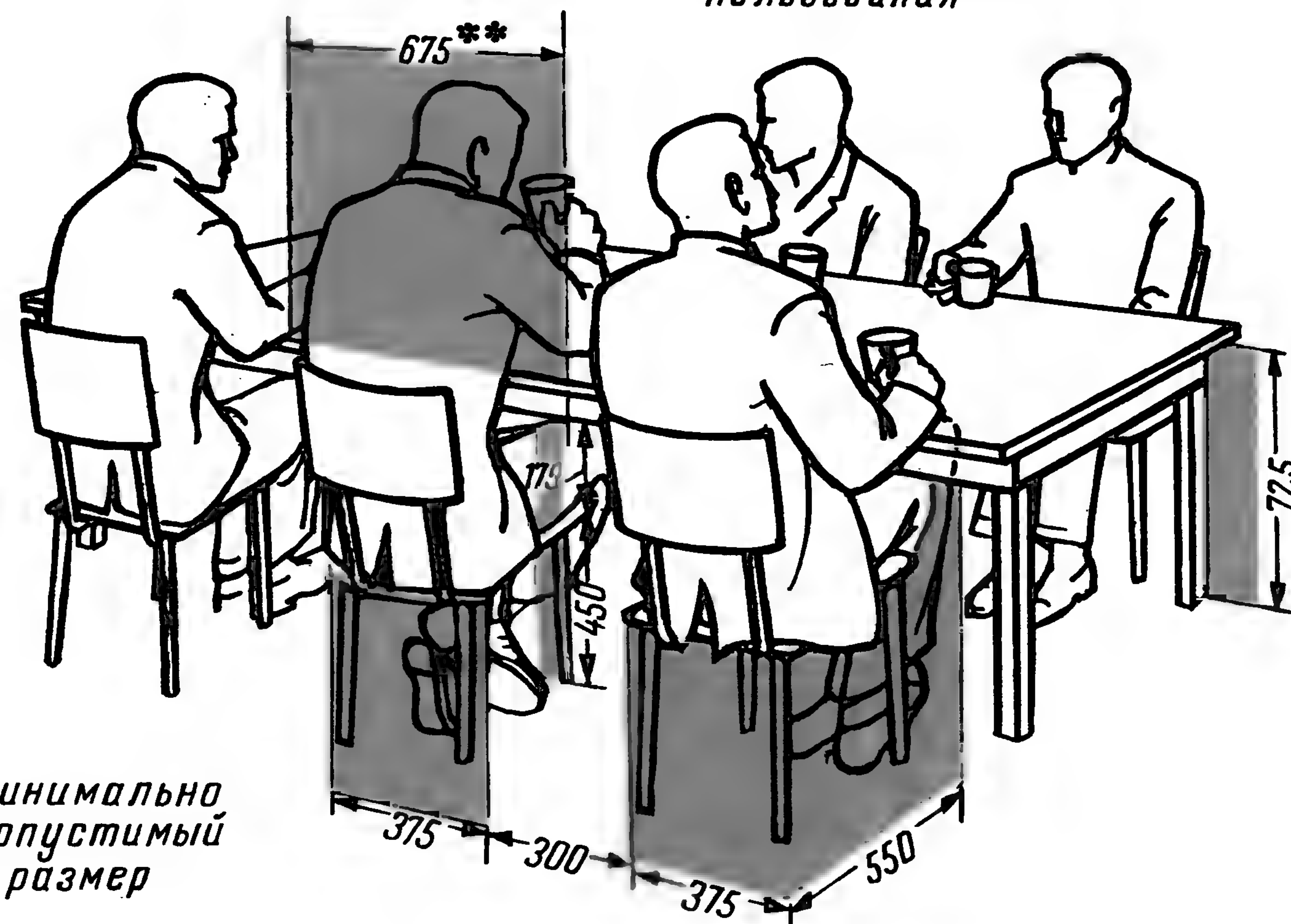
Стол для печатания на машинке



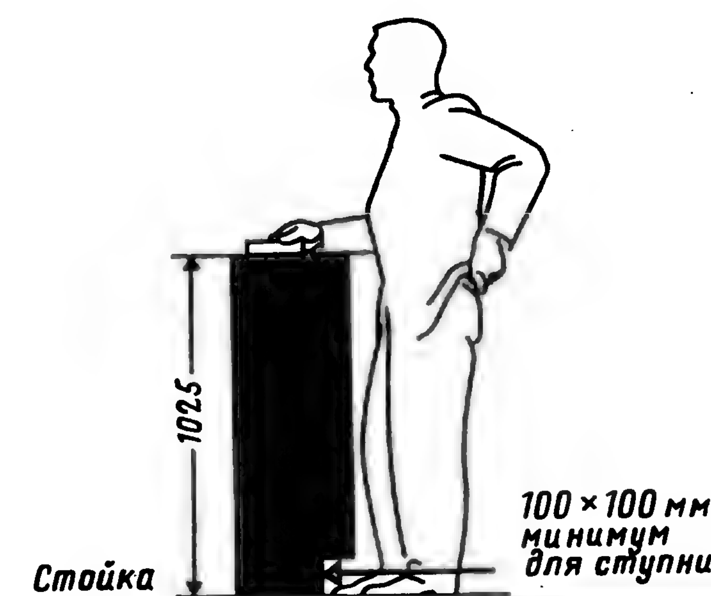
Конторский стол

* Для женщин – 600 мм
** Минимально допустимый размер

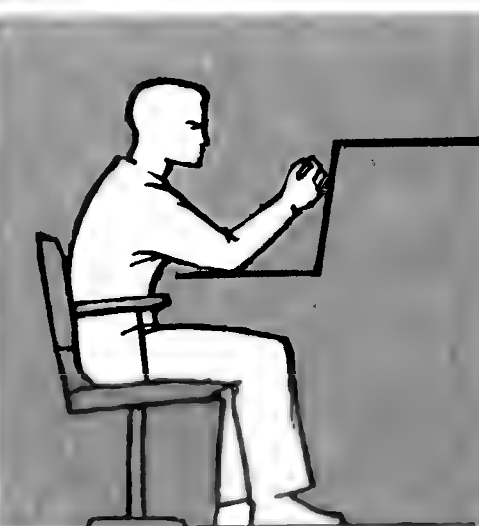
Стол для общего пользования



** Минимально допустимый размер

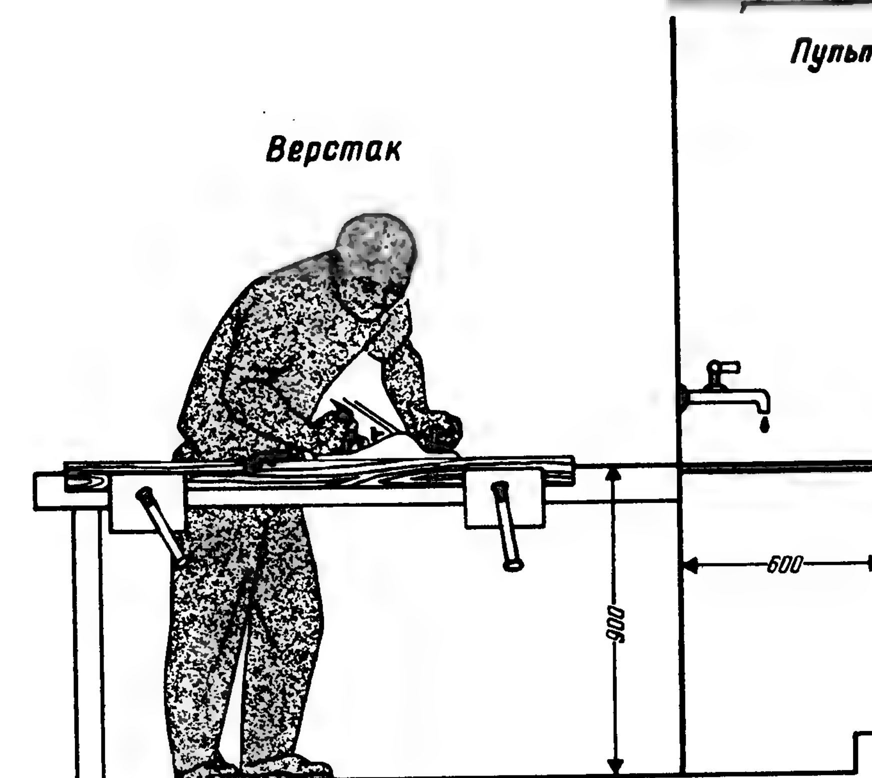


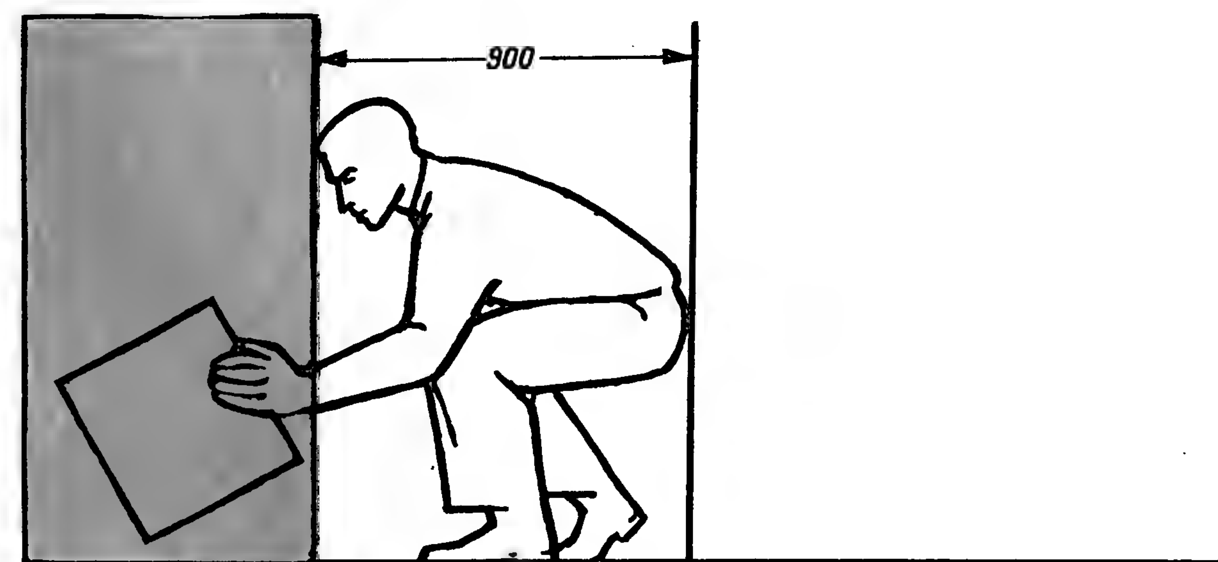
Стойка



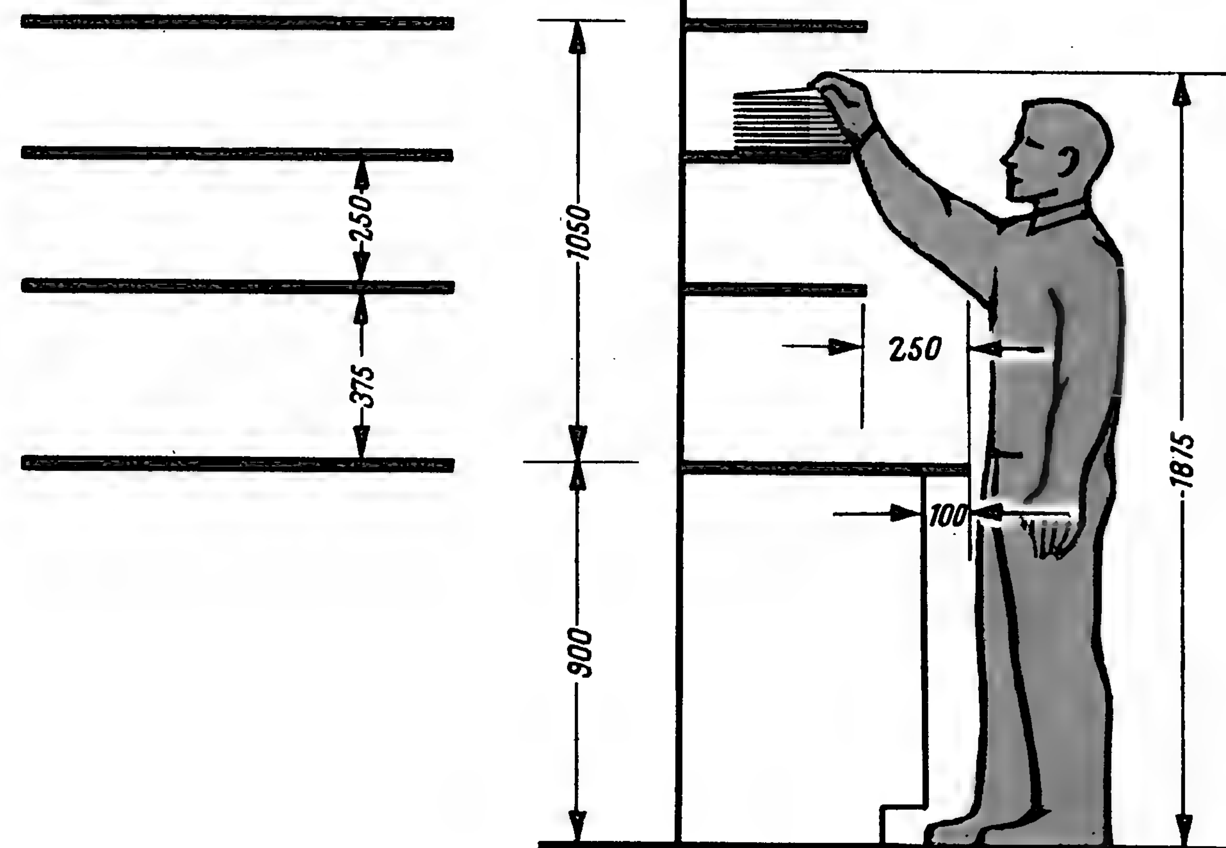
Пульт оператора

Верстак

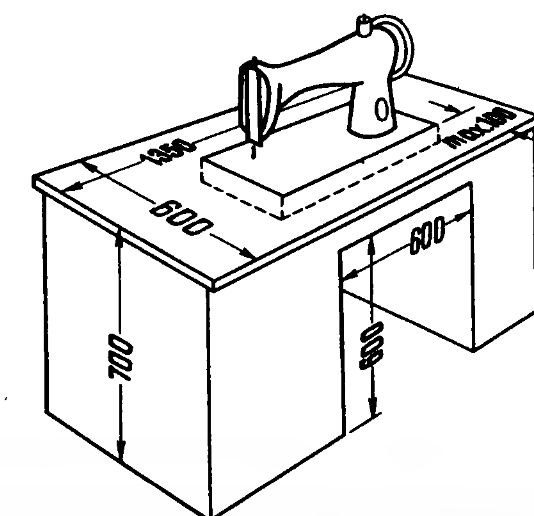




Полки наиболее удобны, когда человек хорошо видит и легко достает их содержимое. Верхняя полка не должна быть расположена выше 1,9 *м*, а ее глубина определяется размером единицы хранящегося в ней материала; например, рулоны ткани требуют глубоких, а консервные банки — относительно узких полок.

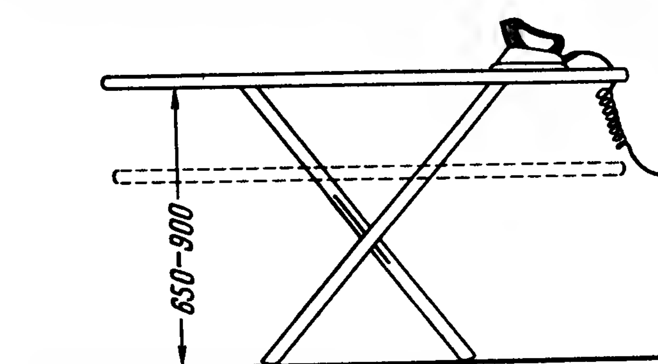


Швейную машину следует помещать на высоте, подходящей для хозяйки дома, т. е. на столе высотой 700 *мм*. Соблюдение других размеров, показанных справа, обеспечивает удобство обращения с тканью и предохраняет колени от ударов.

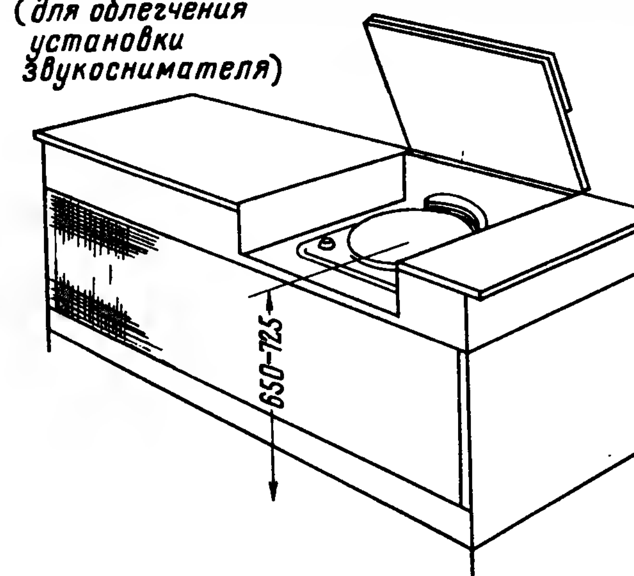


Очевидно, что чем больше рабочая поверхность (в разумных пределах, конечно), тем лучше. На рисунке справа обычная швейная машина установлена на столе. При этом на поверхности стола вокруг машины оставлена достаточная площадь для того, чтобы можно было разложить ткань.

Многие женщины находят, что усталость при глажении белья снижается, если менять положение, работая то стоя, то сидя на высоком стуле.

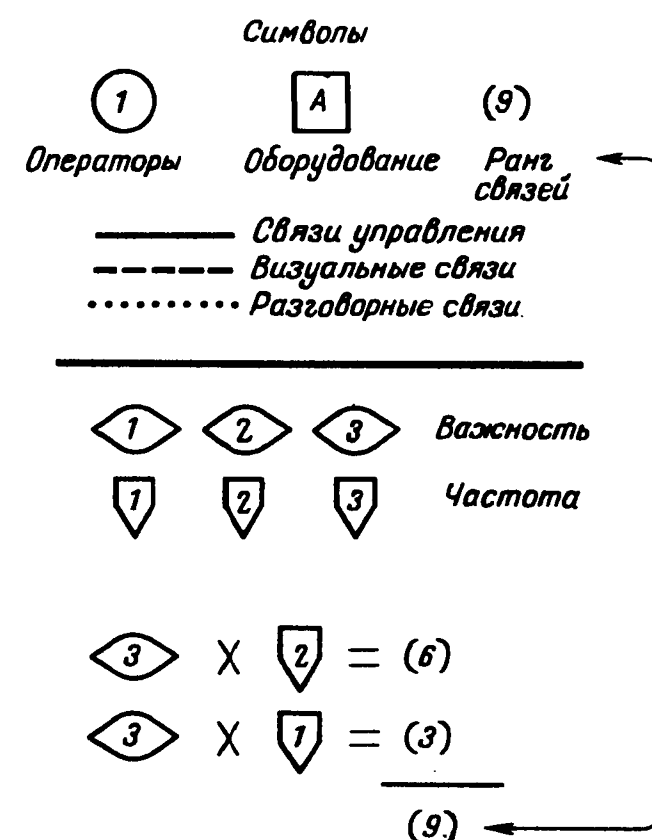


Рекомендуется применять гладильную доску с регулируемой высотой, которая может при необходимости изменяться в пределах от 660 до 900 *мм*. Эти доски следует конструировать так, чтобы ножки надежно поддерживали рабочую плоскость при повышении центра тяжести, принимая при этом во внимание дополнительный вес утюга и материала на доске.



При конструировании проигрывателей часто забывают о соображениях удобства. Не понятно, почему человек должен низко наклоняться, чтобы поставить пластинку. Рекомендуемые размеры, указанные на рисунке справа, делают эту операцию более удобной (а заодно пластинки защищаются от случайных повреждений); в то же время сохраняются низкие силуэты мебели.

NataHaus



РАЗМЕЩЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Выбор различных вариантов относительного расположения оборудования и людей, которые должны этим оборудованием управлять, может существенным образом повлиять на степень эффективности выполнения поставленной задачи. Правильное размещение компонентов системы (людей и машин) должно основываться на визуальных и акустических связях между ними и соображениях управления, а также на анализе задачи, которая должна выполняться.

Ниже предлагается возможный метод анализа звеньев управления.

Составьте список главных компонентов системы, включая оборудование и требуемых операторов, и обозначьте каждый из компонентов особым символом.

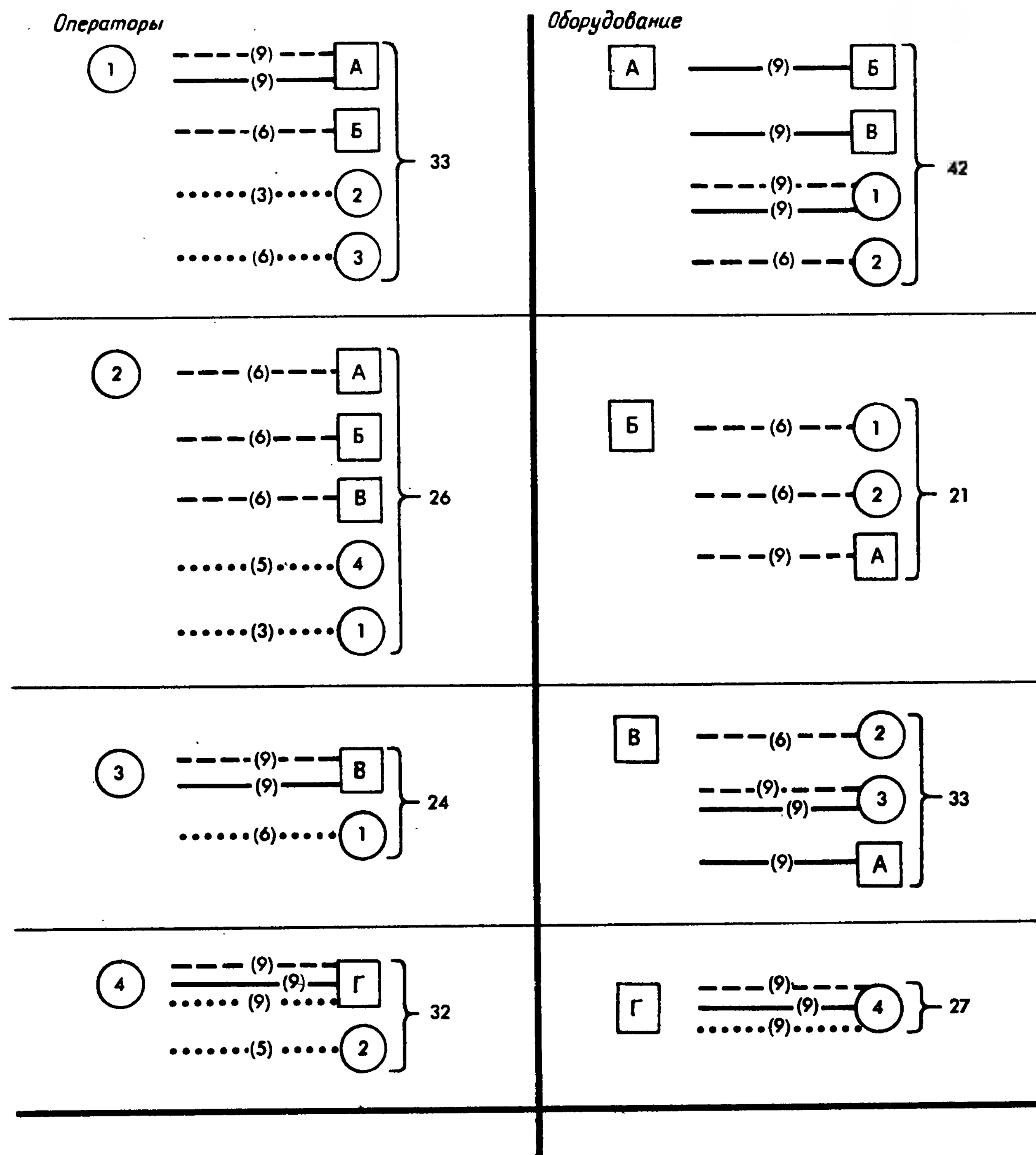
Определите тип связи между каждой частью оборудования и операторами, между частями оборудования и между операторами.

Определите ранг каждой связи, учитывая частоту ее использования и *важность* этой связи.

Оценка рангов должна производиться по трехбалльной шкале.

Составьте схему анализа рангов связей между отдельными компонентами системы. По этой схеме вы сможете определить относительную важность каждого компонента и иерархию их расположения.

Составьте чертеж имеющийся в вашем распоряжении площади (желательно, в масштабе) и изготовьте масштабные объемные вырезки каждого компонента. Разместите сначала компоненты самого высокого ранга, а затем компоненты более низкого ранга. Если при этом возникнут конкурирующие варианты и появится необходимость в компромиссах, следует усовершенствовать оценку рангов связей в соответствии с требованиями физической среды, рабочей позы человека при выполнении операции (сидя или стоя) и другими существенными в данном случае факторами.



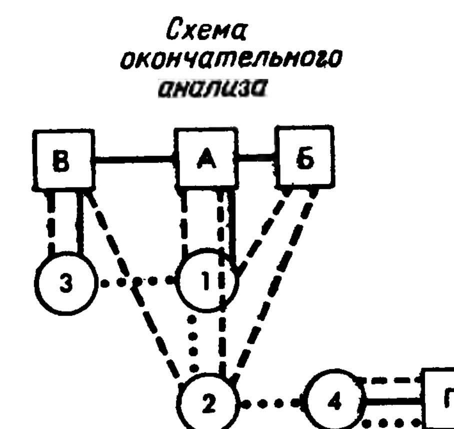
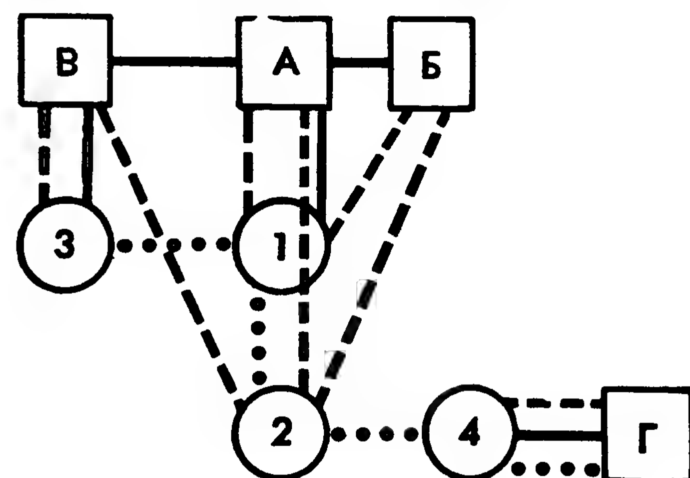
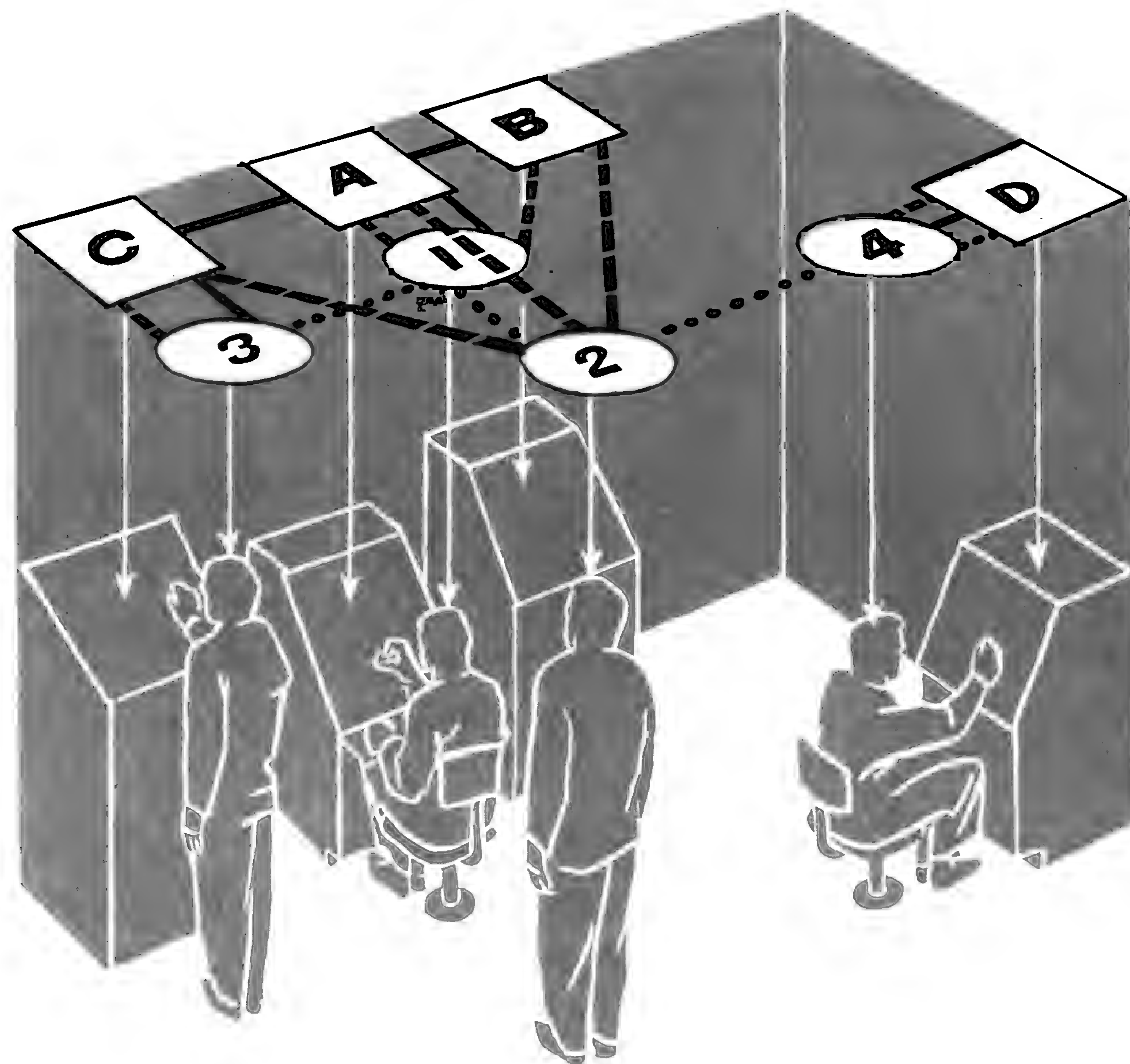


СХЕМА ОКОНЧАТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА





Проверьте окончательное размещение, приняв во внимание следующие факторы:

ВИЗУАЛЬНЫЕ СВЯЗИ — убедитесь, что расстояния, с которых воспринимаются объекты, не слишком велики, что объекты не заслоняются другим оборудованием или людьми и что освещение визуально воспринимаемых объектов достаточно.

РЕЧЕВЫЕ СВЯЗИ — убедитесь, что расстояния между говорящими не настолько велики, чтобы нужно было кричать.

СВЯЗИ, ОБЕСПЕЧИВАЕМЫЕ ПЕРЕДВИЖЕНИЕМ, — убедитесь, что на передвижение людей не затрачивается слишком много времени и что преграды на их пути минимальны.

РАБОЧЕЕ ПРОСТРАНСТВО — убедитесь, что у операторов имеется достаточно пространства для манипулирования органами управления. Если обнаружится чрезмерная скученность, изготовьте макеты для исследования и оценки отдельных компонентов и рабочих зон.

Когда убедитесь, что избранная вами компоновка соответствует основным требованиям функционирования системы «человек и машина», рассмотрите предполагаемые условия работы с точки зрения безопасности и эффективности работы системы. Надлежащая вентиляция, удобные условия для хранения и обслуживания, безопасность в виде соответствующих защитных устройств, а также элементы комфорта (пепельницы и пр.) способствуют успешной работе и меньшей физической и эмоциональной утомляемости персонала.

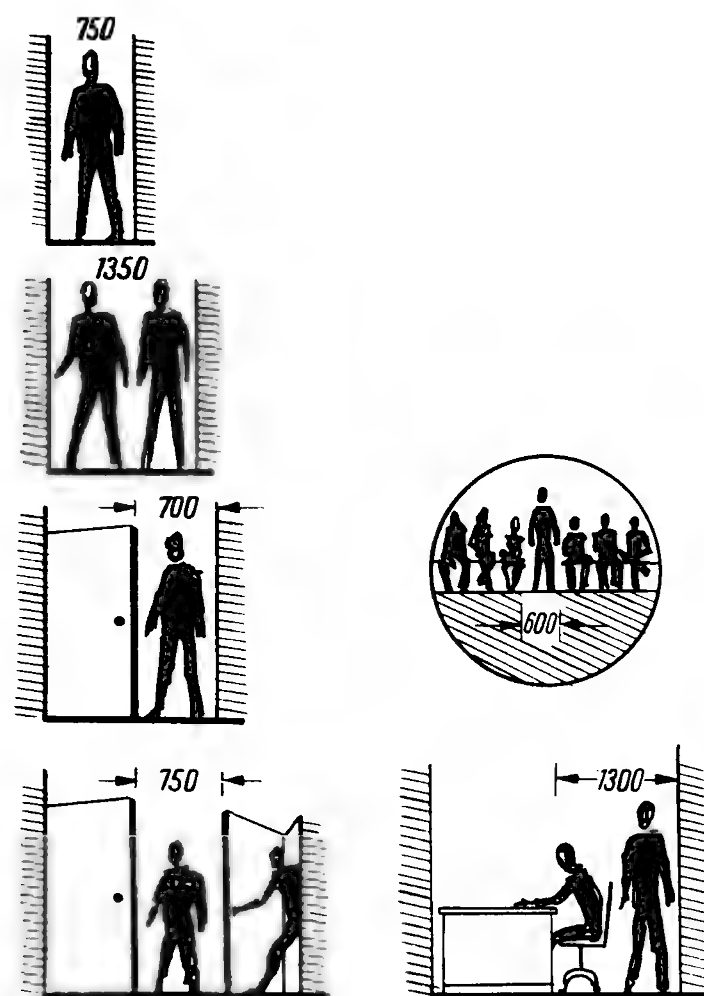
16 Заказ № 492

NataHaus

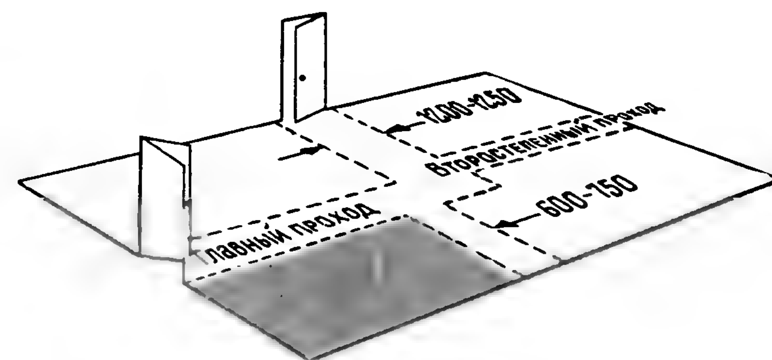
ПРОХОДЫ И КОРИДОРЫ

Правильное планирование проходов необходимо для обеспечения быстрого передвижения людей. Если не уделено должного внимания общим размерам, направлению движения потока людей или освещению проходов, могут произойти серьезные «пробки» и даже несчастные случаи. При планировании проходов, коридоров и специальных переходов рекомендуется учитывать следующие факторы:

- Приблизительная интенсивность движения в любое время.
- Число и размеры входов и выходов.
- Число и расположение дверей, открывающихся в проход.
- Освещение прохода и четкое обозначение выходов.



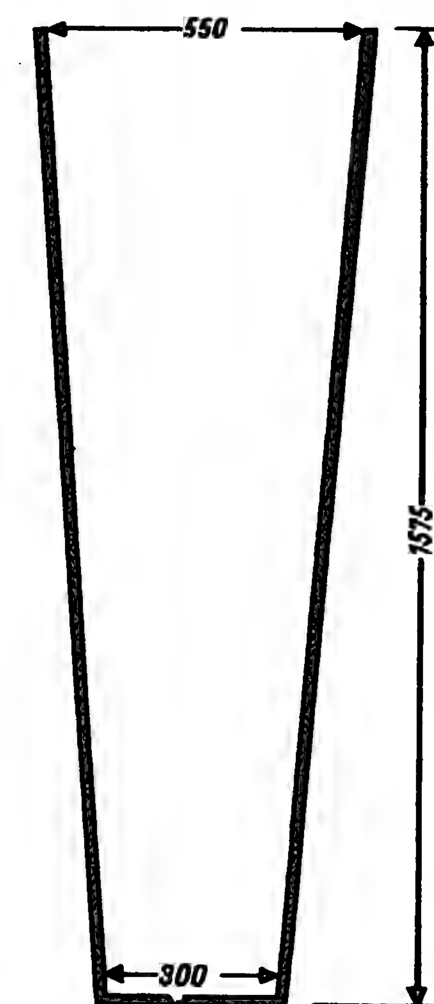
Нормальные требования к размерам проходов и коридоров показаны на иллюстрациях слева и внизу. Обратите особое внимание на иллюстрацию, показывающую проход в салоне самолета. В этом случае следует помнить, что движение самолета создает дополнительные трудности для человека, пытающегося пройти по узкому проходу. Надо избегать всяких выступов в конструкции сидений, особенно в их нижней части. Человек, идущий по проходу, часто не в состоянии заметить эти выступы.



NataHaus

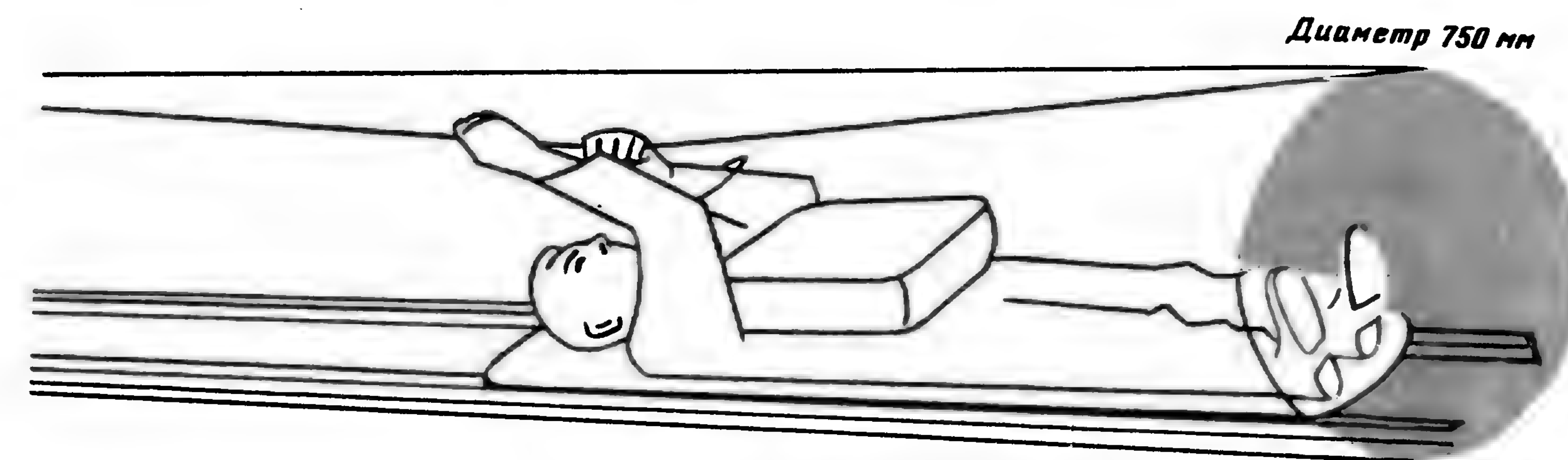
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРОХОДЫ

В большом военном самолете для передвижения персонала служат специальные проходы. Такие проходы должны быть, конечно, конструктивно прочными и возможно меньше стеснять свободу движения персонала, особенно если люди носят громоздкую одежду и специальное снаряжение. Трапециевидная форма прохода обеспечивает максимальную прочность конструкции, причем по данным испытаний минимальные размеры этих проходов должны быть такими, как показано на приведенной иллюстрации [11].



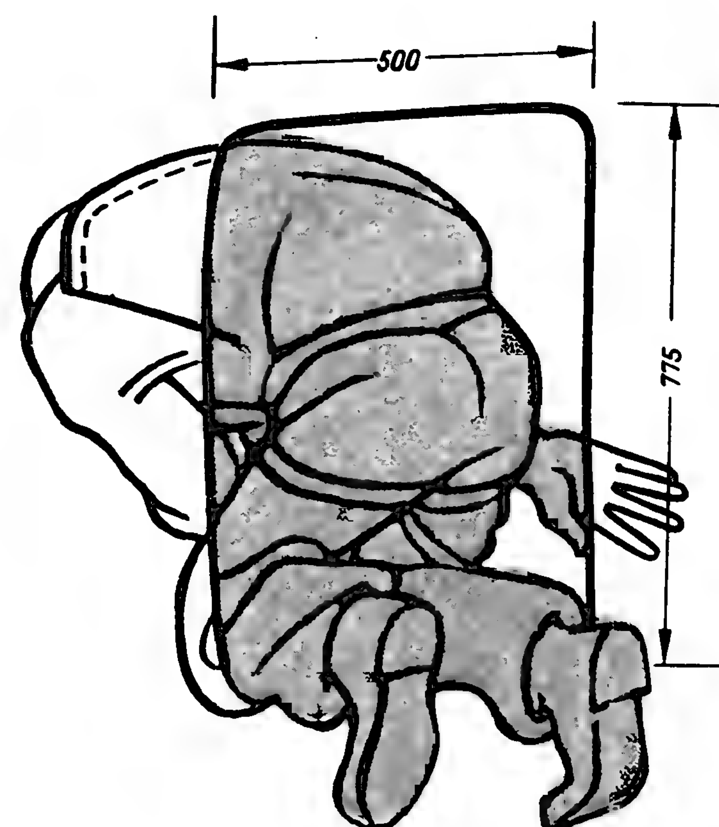
ТУННЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СООБЩЕНИЯ

В настоящее время на больших самолетах используются специальные туннели для перехода из одного отсека в другой. Члены команды перемещаются на четырехколесной тележке с помощью каната, протянутого под сводом туннеля.





На этой странице указаны люки минимальных размеров и оптимальной формы

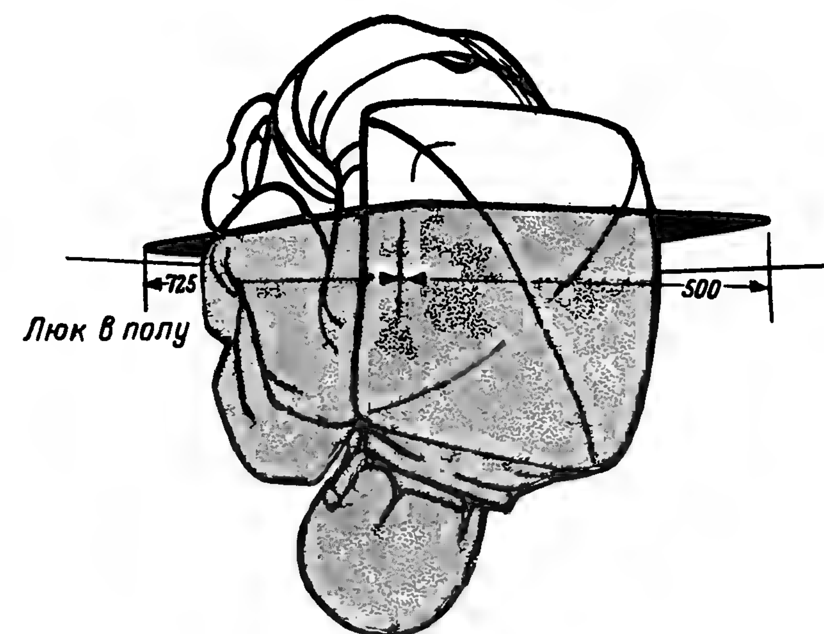


Боковой люк

ВЫХОДНЫЕ ЛЮКИ

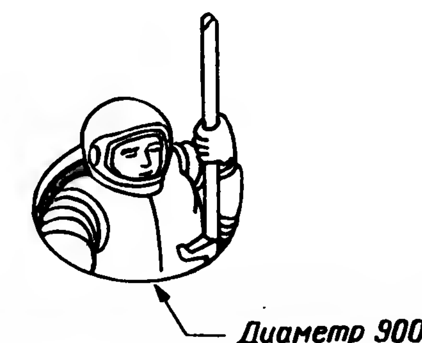
Аварийные выходы очень важны для летчика, которому приходится экстренно покинуть самолет. При этом его движения обычно стеснены специальной одеждой и снаряжением, а также положением самолета в момент аварии. Задача летчика осложняется также тем, что он должен покинуть самолет за минимальное время.

Полное снаряжение персонала, который покидает самолет через ВЕРХНИЕ ЛЮКИ, при вынужденной посадке на воду, включает летную одежду, аварийный паек, спасательный пояс и надувную лодку. Полное снаряжение персонала, покидающего самолет через БОКОВЫЕ или НИЖНИЕ ЛЮКИ, включает летную одежду, аварийный паек, спасательный пояс и парашют.

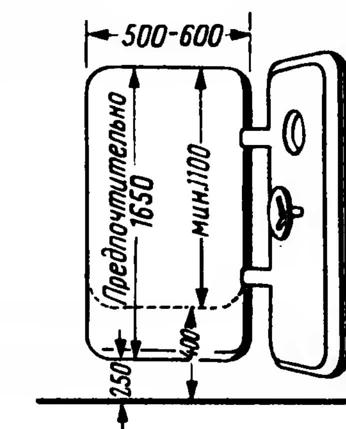


Люк в полу

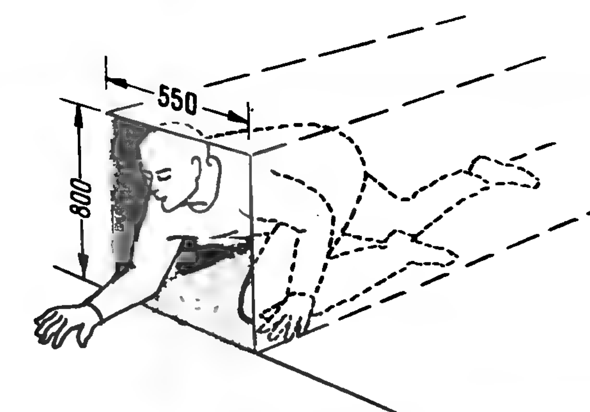
Размеры люков в космических кораблях должны быть как можно меньше из-за ограниченных размеров всего корабля и особой важности сохранения режима давления. Размер, показанный на рисунке справа, является минимальным для типового космического скафандра, который может быть под давлением. Особое снаряжение, такое, как ранец с необходимыми запасами, должно также приниматься в расчет при определении размеров таких люков. Для проверки правильности выбранных размеров конструкторам следует использовать макеты в натуральную величину.



При конструировании шлюзов или водонепроницаемых люков также требуется соблюдение минимальных размеров отверстия в связи с проблемами веса и плотности задраивания. Следует по возможности придерживаться размеров, указанных на рисунке справа, чтобы человек мог действовать достаточно эффективно. Если человеку часто приходится проносить через люк определенные виды портативного оборудования, то размеры и форма этого оборудования также должны учитываться при выборе соответствующих размеров люка.



Лазы, которые устраиваются для целей обслуживания оборудования, должны быть достаточно просторны, чтобы позволить человеку быстро и уверенно двигаться по ним. Если стены лаза не гладкие, т. е. если на пути движения человека выступают углы оборудования, следует предусматривать дополнительное пространство или же на выступающие части оборудования должны надеваться специальные чехлы, чтобы человек не цеплялся за них одеждой. Необходимо помнить, что в таком ограниченном пространстве человек подчас не сможет повернуться и освободить себя, если зацепится одеждой за оборудование!



Аварийные выходные люки для пассажиров, которым приходится покидать самолет, должны быть достаточно велики, чтобы обеспечить быстрый и легкий выход. Особенно важно, чтобы нижний край люка не был слишком высоким, так как иначе пассажирам небольшого роста будет трудно перешагнуть через него для выхода на поверхность крыла.

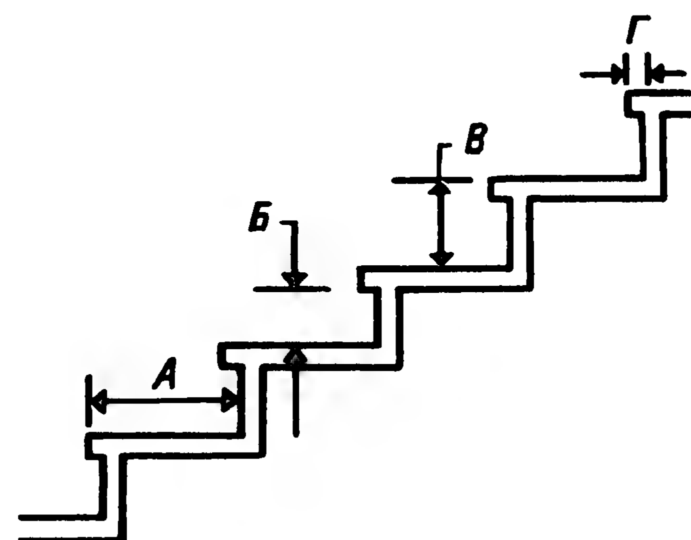


ЛЕСТНИЦЫ

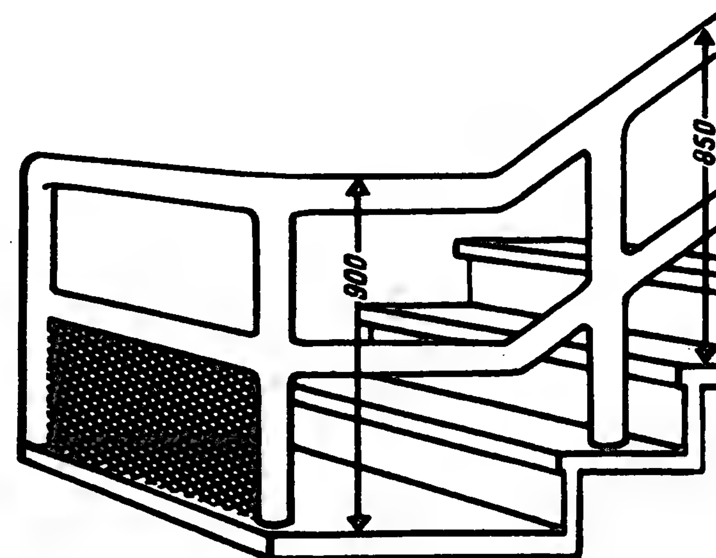
Выбор приспособления для подъема и спуска (пандус, лестница и т. д.) зависит от характера предполагаемого движения по нему, расстояния между двумя уровнями, которые следует соединить, от наличия свободного пространства и от требований техники безопасности.

Если предполагается, что передвигаться будут только люди, а не оборудование, то наиболее важным фактором становится обеспечение безопасности, что и определяет выбор типа устройства и принципов его конструирования [12].

ПАНДУСЫ удобны при наклоне не более 20°, наиболее благоприятен для них угол наклона 15°. Поверхность пандуса должна быть удобной для движения и в сырую, и в сухую погоду. Рекомендуется устанавливать на пандусе поручни, особенно, если сходни с какой-то стороны открыты.



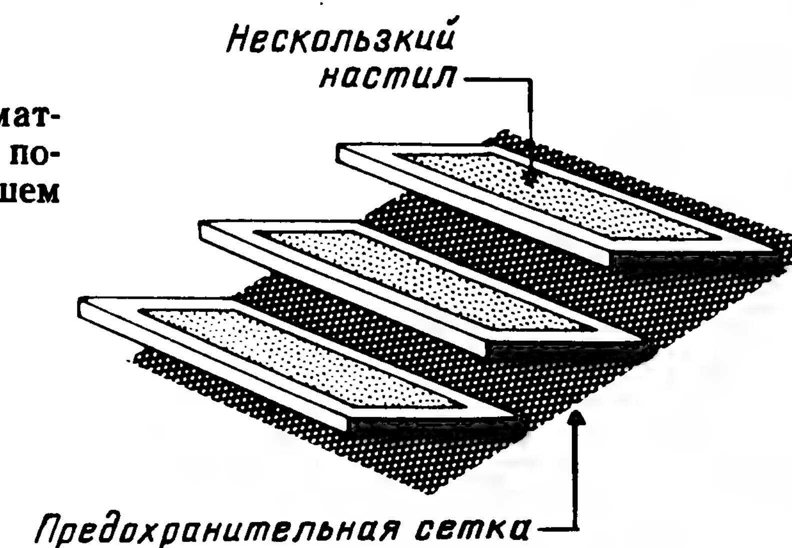
ЛЕСТНИЦЫ применяются для уклонов от 20 до 50°, причем наиболее предпочтительны уклоны от 30 до 45°. Глубина *(А)* ступеней должна быть по крайней мере равна их высоте *(Б)*, причем полная высота *(В)* ступени ни в коем случае не должна превышать 200 *мм*. Идеальная ступень имеет полную высоту 175—185 *мм*, глубину 240—280 *мм* и выступ *(Г)* 20—40 *мм*. Как для ограниченных, так и для открытых с боков лестниц рекомендуется устанавливать поручни, которые должны быть на 860 *мм* выше поверхности ступенек.



Наружные лестницы, не имеющие ограничивающих боковых стенок и вертикальных панелей между ступеньками, например пожарные лестницы, должны конструироваться с учетом требований техники безопасности.

Между поручнями и ступенями следует предусматривать дополнительные предохраняющие планки. У земли перила должны иметь специальную заградительную решетку от платформы до предохраняющей планки (высота перил должна быть не менее 1050 *мм*, особенно если они используются на платформе, расположенной выше 1,2 *м* над землей).

Специальные защитные решетки под открытыми ступенями должны предохранять ногу от проскальзывания между ступенями.

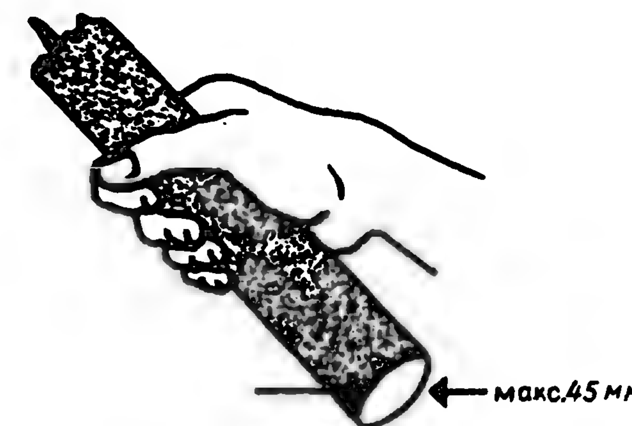


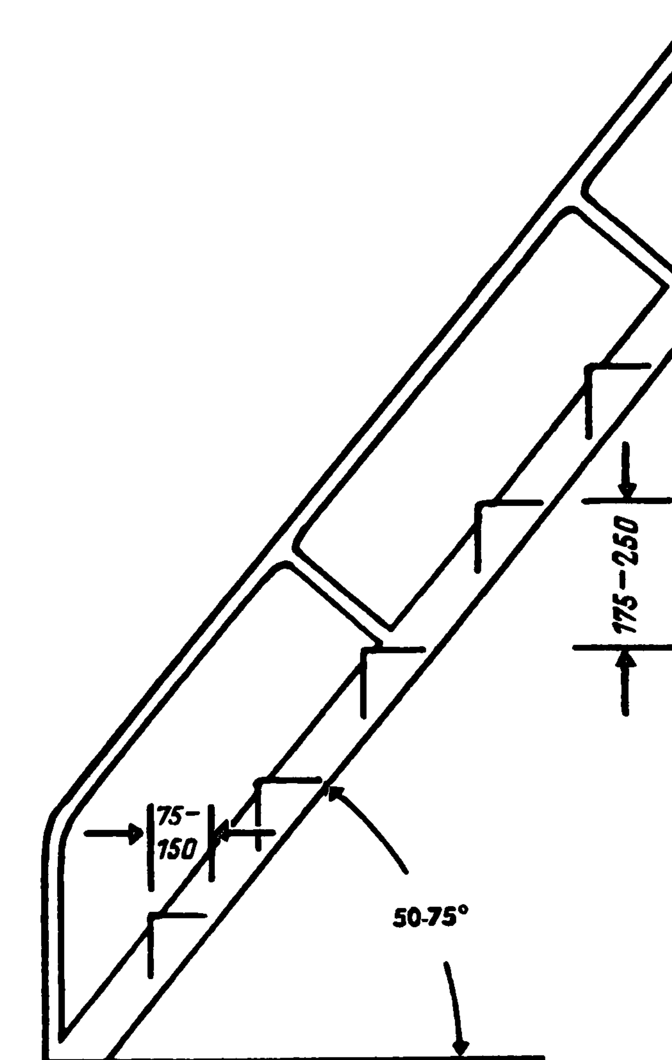
У *всех* видов лестниц следует предусматривать шероховатое покрытие ступенек. Это покрытие всегда должно содержаться в хорошем состоянии.

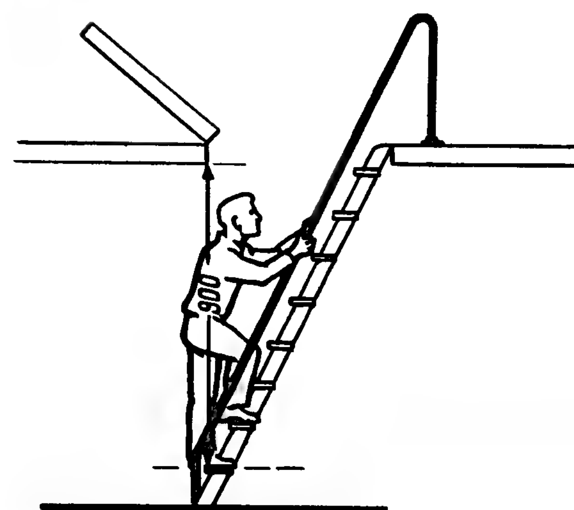
ПРИСТАВНЫЕ ЛЕСТНИЦЫ рекомендуется применять для уклонов от 50 до 90°. Лестницы для уклонов от 50 до 75° должны иметь плоские ступени; грядки можно использовать при уклонах от 75 до 90°. Расстояние между ступеньками или грядками может меняться от 175 до 400 *мм*, наиболее предпочтительно расстояние 300 *мм*.

Меры по технике безопасности, рекомендованные для стационарных лестниц, должны применяться и в случае приставных лестниц. В особенности это относится к очень высоким лестницам, от 6 *м* и выше. *Вертикальных лестниц высотой более 2,5 м применять не следует.*

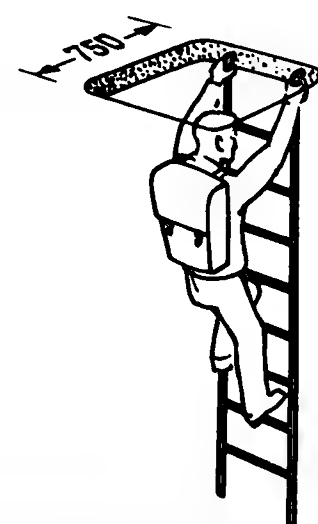
Поручни следует предусматривать на всех лестницах. Стойки лестницы с грядками могут сами служить поручнями, однако для лестниц, устанавливаемых под более острым углом, следует предусматривать особые перила.





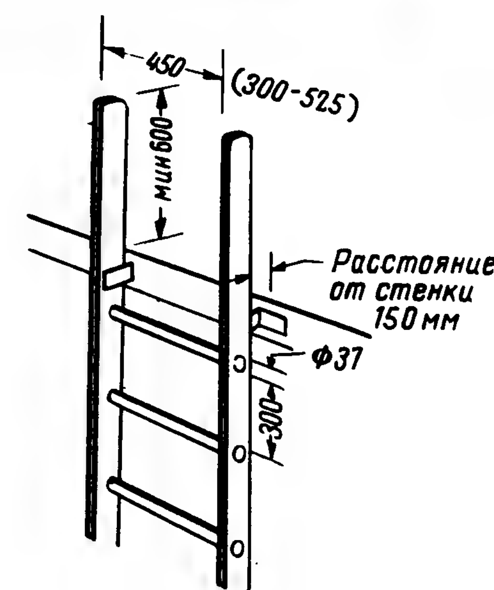


Пользование лестницами, которые проходят через отверстия или проемы, как показано на иллюстрации слева, сопряжено с опасностью удара головой. Во избежание серьезных несчастных случаев конструирование лестницы и отверстия следует проводить одновременно.



Когда человек поднимается по вертикальной лестнице и проходит через люк, между его телом и лестницей должно быть достаточно пространства для того, чтобы он при вылезании из люка на поверхность мог свободно двигать ступнями и сгибать колени. Это дополнительное пространство часто забывают предусматривать при определении размеров люка.

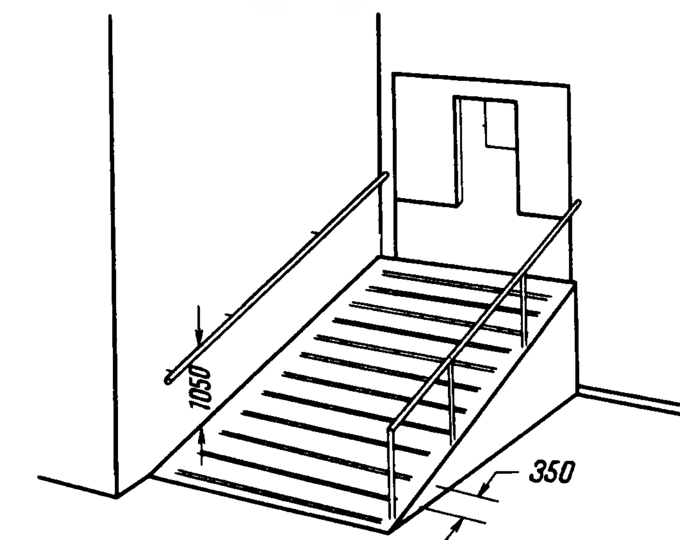
Если предполагается, что человек будет подниматься по лестнице со снаряжением на спине, это также необходимо учитывать при конструировании. На иллюстрации слева указаны достаточные размеры свободного пространства для обычных условий.



На рисунке слева показаны некоторые незначительные конструктивные детали, которые облегчают пользование вертикальными лестницами. Возвышение лестницы над отверстием не только обеспечивает более удобное пользование ею, но и предохраняет от несчастных случаев. Свободное пространство между лестницей и стеной необходимо для ступней ног. Диаметр грядки должен выбираться так, чтобы обеспечивался наилучший захват ее рукой.

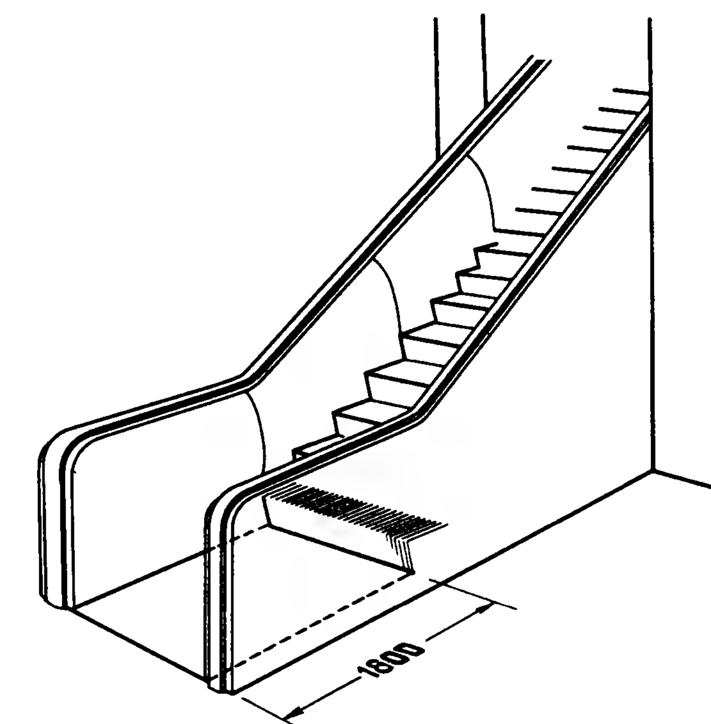
Для обеспечения безопасности передвижения по пандусам рекомендуется предусматривать поручни и поперечные планки на полу.

Если пандус используется для движения как колесных транспортных средств, так и пешеходов, то середину пандуса можно сделать гладкой, а планки оставить только по бокам, вблизи поручней. В этом случае длина планок должна быть не менее 350 *мм*.



Эскалаторы особенно полезны там, где люди могут быть обременены свертками или тяжелым багажом. Эскалаторы используются в различных местах, особенно часто — в универсальных магазинах. Рекомендуется выбирать скорость движения эскалатора в пределах от 40 до 45 *м/мин*. При использовании эскалатора в домах, где много стариков и детей, желательно понижать скорость его движения. Угол подъема эскалатора не должен быть больше 30°.

Горизонтальный участок у входа на эскалатор должен быть достаточно длинным для того, чтобы человек успел взяться за поручни и психологически приготовиться к движению до того, как он начнет подъем или спуск.



15 Заказ № 492

ПЛАНИРОВКА РАБОЧЕЙ ПЛОЩАДИ

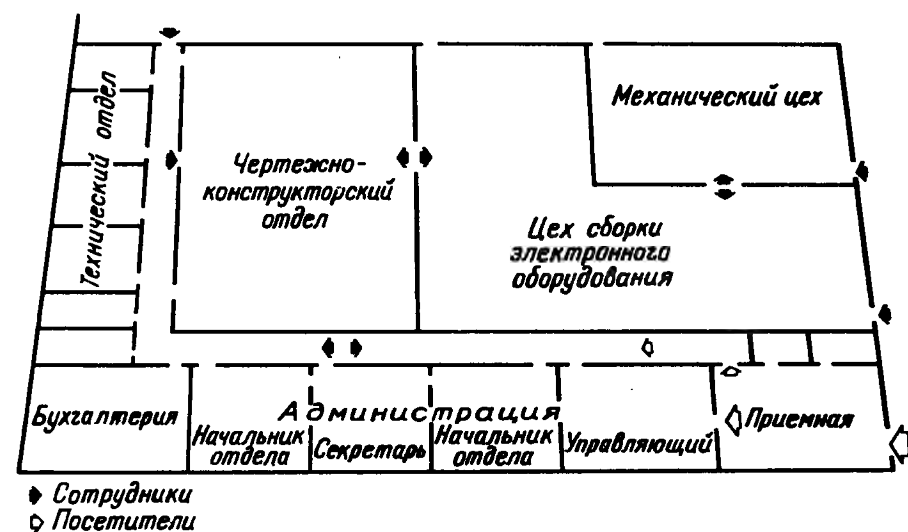
Планировка рабочей площади, например помещения конторы, чертежного зала, мастерской и т. д., является предметом заботы многих людей. К сожалению, в этой области проведена явно недостаточная научная работа по установлению фактических данных и формулированию принципов, допускающих экспериментальную проверку. Однако наилучшие решения задач планировки достигаются в результате глубокого логического анализа проблем. Если при этом учитываются определенные инженерно-психологические требования, результат планировки обеспечивает повышение эффективности труда и удобства для работающих.

На помещенном внизу чертеже показан возможный вариант разметки, поясняющий некоторые важные факторы, которые должны быть учтены для достижения хорошей планировки. Основные требования к рабочей площади таковы: а) предусмотрите от 6 до 10 $м^2$ на каждого рабочего — в зависимости от необходимого ему вспомогательного оборудования; б) предусмотрите изолированную комнату для научных работников или инженеров — максимум по два человека на комнату размерами 3,5×4 *м*, или комнату 3×3,5 *м* на одного работника; в) предусмотрите полуизолированное помещение размером 2,5 *м* для контролера; г) предусмотрите отгороженную площадь размером 1,4 *м* для помощника контролера.

Чертежные столы можно ставить вплотную друг к другу, но с достаточным промежутком между парами столов, чтобы был обеспечен свободный проход. Полная перегородка от пола до потолка должна отделять зал для инженеров и чертежников от конторы, а также от сборочного цеха и машинного отделения. Располагайте шумные машинные отделения как можно дальше от помещения главной конторы и изолируйте последнее капитальной стеной от прилегающих помещений, таких, как чертежное бюро и цех сборки электронного оборудования, как показано на чертеже внизу.

Обратите внимание, что одна секретарская комната располагается в центре для обслуживания двух кабинетов руководителей; это приводит к экономии не только площади, но и количества персонала.

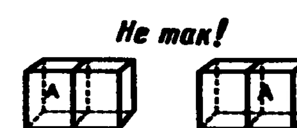
Приемную следует рассматривать как первый пункт, куда попадают посетители, а прилегающий к ней кабинет управляющего должен быть вторым пунктом на пути посетителя предприятия. Заметьте, что далее служебные помещения следуют друг за другом в соответствии с их рангом.



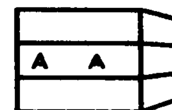
Планы размещения групп людей можно оценивать по тому, насколько хорошо они отвечают следующим рекомендуемым условиям:

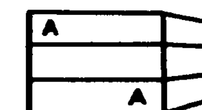
Так! Не так!



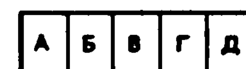


Тесно связанные между собой группы людей размещайте в одном здании.



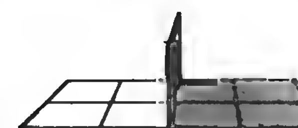


Наиболее тесно связанные между собой группы располагайте на одном этаже здания.

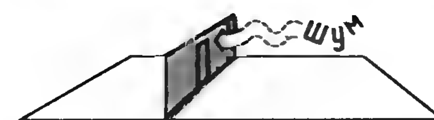


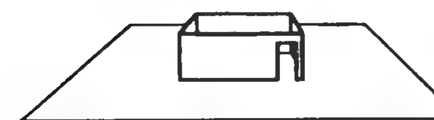


Размещайте группы в соответствии с естественным ходом рабочего процесса.

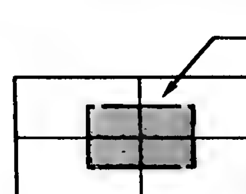



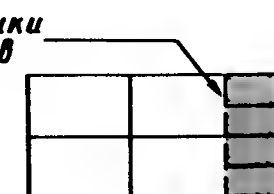
Объединяйте людей, занятых различной деятельностью (например, работников по механической обработке с работниками других специальностей, квалифицированных работников с неквалифицированными), в соответствии с действительными потребностями контакта между ними (т. е. не разделяйте их просто по той причине, что они выполняют разную работу).





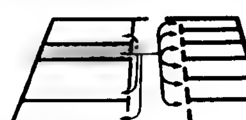
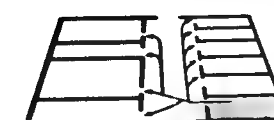
Хотя группы людей, занятые связанными между собой видами деятельности, должны быть, как правило, расположены близко друг к другу, надо с помощью перегородок и стен устранять отрицательное влияние таких факторов, как шум. Обеспечивайте руководителей изолированными помещениями.





Так! Не так!

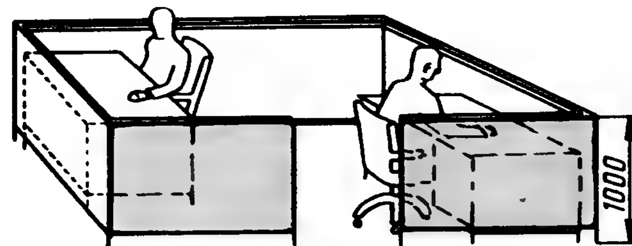
Располагайте руководителей работ так, чтобы они могли легко общаться со своими подчиненными и, кроме того, могли общаться друг с другом для координации управления.

Располагайте выходы из помещений, занимаемых связанными группами людей, друг против друга.

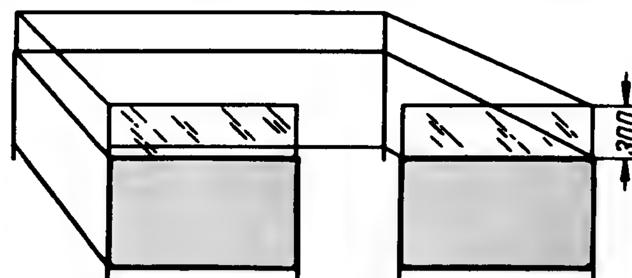
Размещайте посредине группу, которая имеет частые контакты с другими группами.

Изолируйте тихие зоны от шума главной артерии движения.



Некоторые люди не могут эффективно работать, если они находятся в окружении многих других людей. Даже минимальная изоляция посредством частичных перегородок улучшает моральное самочувствие таких работников и повышает производительность их труда.

Перегородка высотой в 1 *м* обеспечивает некоторую изоляцию и в то же время позволяет работнику видеть, что делается за перегородкой.



Добавление прозрачной стенки высотой 300 *мм* над перегородкой значительно понижает влияние разговора на соседей и в то же время позволяет работникам видеть друг друга.



В случаях, когда желательна бóльшая изоляция, т. е. если вы не хотите, чтобы прохожие заглядывали на ваше рабочее место, высота перегородки должна быть не менее 2 *м*.

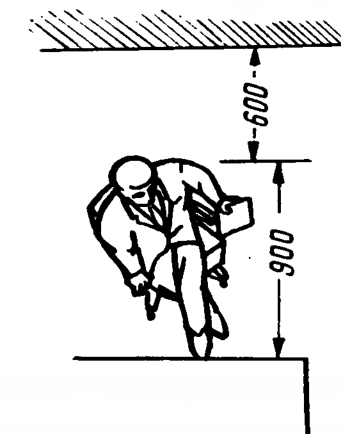
Обратите внимание на то, что во всех приведенных выше случаях между перегородкой и полом оставляется небольшое пространство для вентиляции.



Поскольку площади почти всегда не хватает, планировщики склонны размещать письменные столы в положении, не являющемся оптимальным с точки зрения эффективности труда работников. Столы следует располагать рядом или сдвигать их широкой стороной друг к другу, но не ставить так, как показано на иллюстрации слева, где сидящие обращены друг к другу спиной. Такого размещения следует избегать, потому что люди будут мешать друг другу.

NataHaus

В КОМНАТЕ ДЛЯ ЗАСЕДАНИЙ обеспечение достаточной площади проходов обычно не составляет проблемы, поскольку общая ее планировка обеспечивает легкий доступ к сиденьям и другим объектам. Минимальное расстояние между углом стола и ближайшей стеной должно составлять 1,5 *м*, что обеспечивает проход в 0,7 *м* вдоль стены, когда люди сидят за столом. Еще лучше дополнительно увеличить это расстояние на 0,3 *м* для того, чтобы при сохранении прежней ширины прохода обеспечить бóльшую свободу движения людям, сидящим за столом.



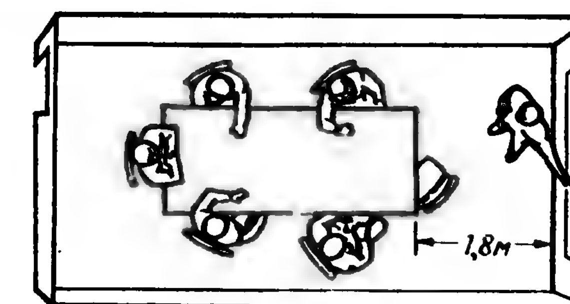
Если расстояние от стола до стены составляет не менее 2 *м*, последнюю можно использовать для размещения наглядных материалов, которые будут видны всем сидящим за столом.

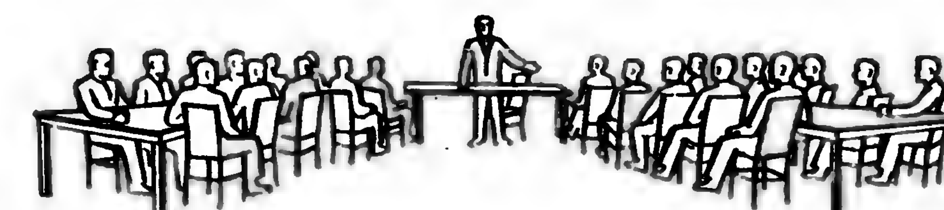
Для руководителя особенно удобно расположение стола для заседаний, показанное на рисунке. Такое расположение позволяет ему принимать участие в работе за столом заседаний, повернувшись от своего рабочего стола.

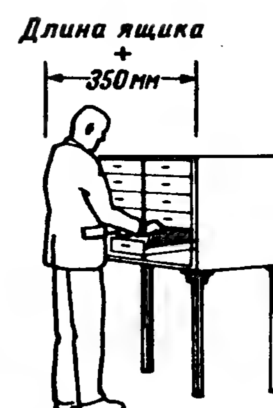


Расположение столов в помещении для заседаний должно быть таким, чтобы все сидящие могли, повернув свои стулья, сесть лицом к оратору или к центральному демонстрационному материалу. Для заседаний с малым количеством участников вполне достаточен один стол, расположенный так, как показано на иллюстрации справа.

Однако для больших заседаний может оказаться целесообразным располагать столы в два параллельных ряда или под углом, как показано на рисунке справа внизу.







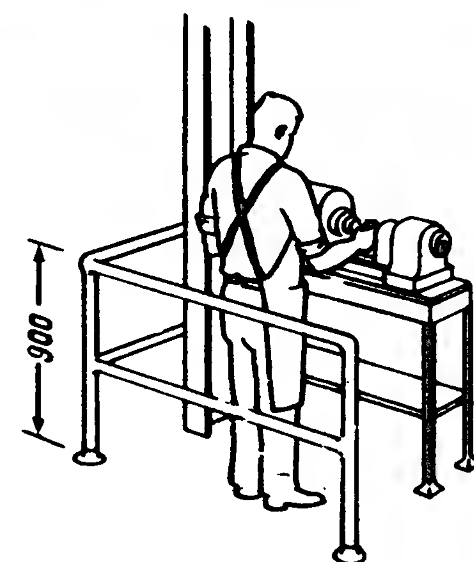
Наличие достаточного СВОБОДНОГО ПРОСТРАНСТВА вокруг рабочего места, шкафа или машины очень важно для производительного труда работника. При планировке конторского помещения, цеха или любой другой рабочей площади рассмотрите все возможные положения, которые могут занимать люди в процессе труда, и обеспечьте каждому из них достаточно свободного пространства, чтобы человек ни на что не натыкался и его никто не задевал.

На верхнем рисунке изображен картотечный ящик. Работнику в этом случае не приходится нагибаться при работе с картотекой. На следующем рисунке показан случай, когда человек при пользовании картотекой вынужден нагибаться; при этом ему требуется гораздо больше места.



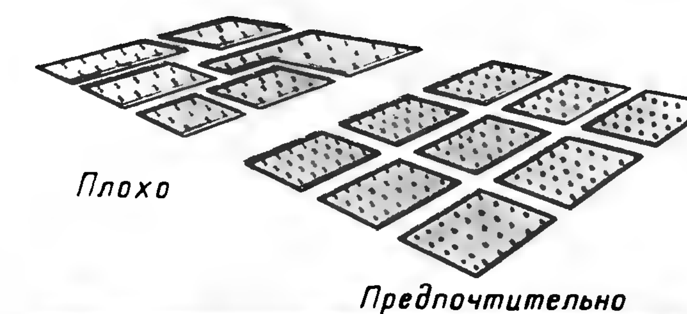
Нередко забывают обеспечивать достаточным местом не только людей, пользующихся картотеками, но и работников, еще больше нуждающихся в свободном пространстве. Возьмем, например, чертежный стол. Мы часто забываем оставить место, достаточное не только для самого чертежника (который, естественно, возмущается, когда кто-то толкает его под локоть и портит ему чертеж), но и для его кульмана, который также требует дополнительного пространства.

В некоторых случаях рабочая операция настолько ответственна, что необходимо предусматривать защитное ограждение вокруг рабочего. Это понижает возможность задевания рабочего проходящими мимо и в значительной степени исключает возможность несчастного случая.

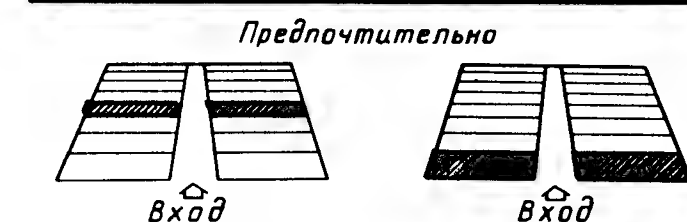


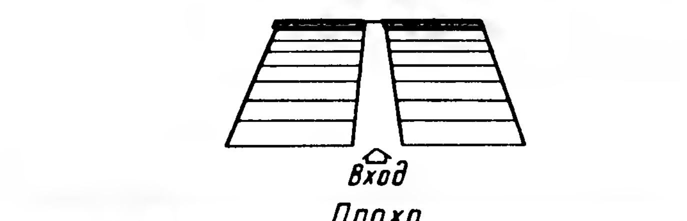
Ограждения полезны также в случаях, когда необходимо ориентировать движение людей, — например, в очереди к билетной кассе или у раздаточного прилавка в столовой. Такие ограждения, используемые для организации движения людей, следует делать достаточно прочными, потому что на них будут облокачиваться и могут их сдвинуть, если они недостаточно закреплены.

При поисках экономного и эффективного размещения больших групп персонала важно организовать планировку площадей так, чтобы она была легко распознаваемой и понятной. На рисунке справа в первом случае проходы расположены хаотически, что сбивает с толку людей, пытающихся найти дорогу на заводе. Во втором случае, наоборот, четкость разбивки помогает работнику быстро изучить систему расположения и таким образом сэкономить время на поиски пути. Это правило остается справедливым и для внутренней планировки помещений.

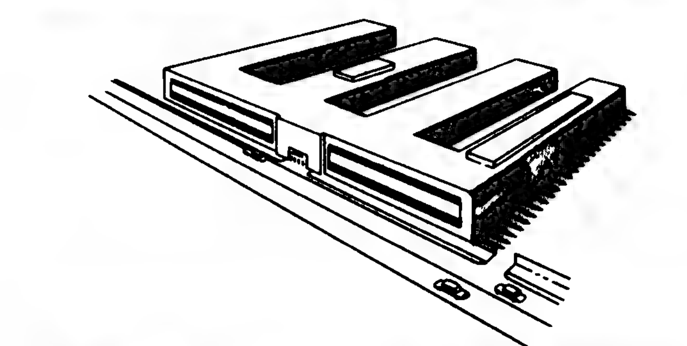


Часто используемые помещения, такие, как комнаты отдыха или инструментальные кладовые, следует располагать в начале планируемой площади или по крайней мере в ее середине, но не в конце, как это нередко делают. Вопреки мнению некоторых планировщиков, комнаты отдыха вовсе не следует прятать от служащих!

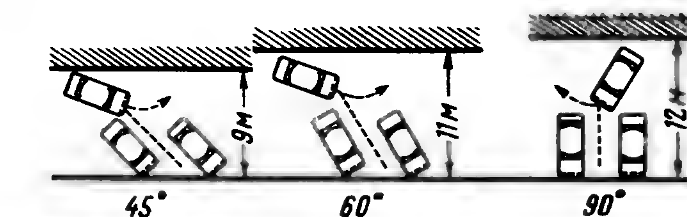




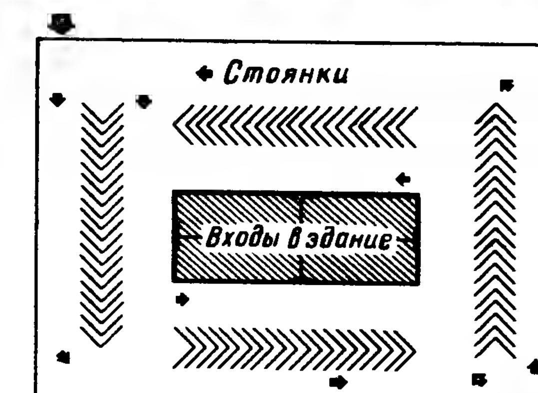
В последние годы многие исследовательские лаборатории установили, что окна и солнечный свет столь же важны для производительности рабочих, как и для производительности администраторов. На рисунке справа показано типовое здание с крыльями, в которых расположены цехи и лаборатории. При такой планировке здания имеется возможность снабдить окнами все цехи. Такая планировка обеспечивает также удобный доступ извне к производственным площадям.

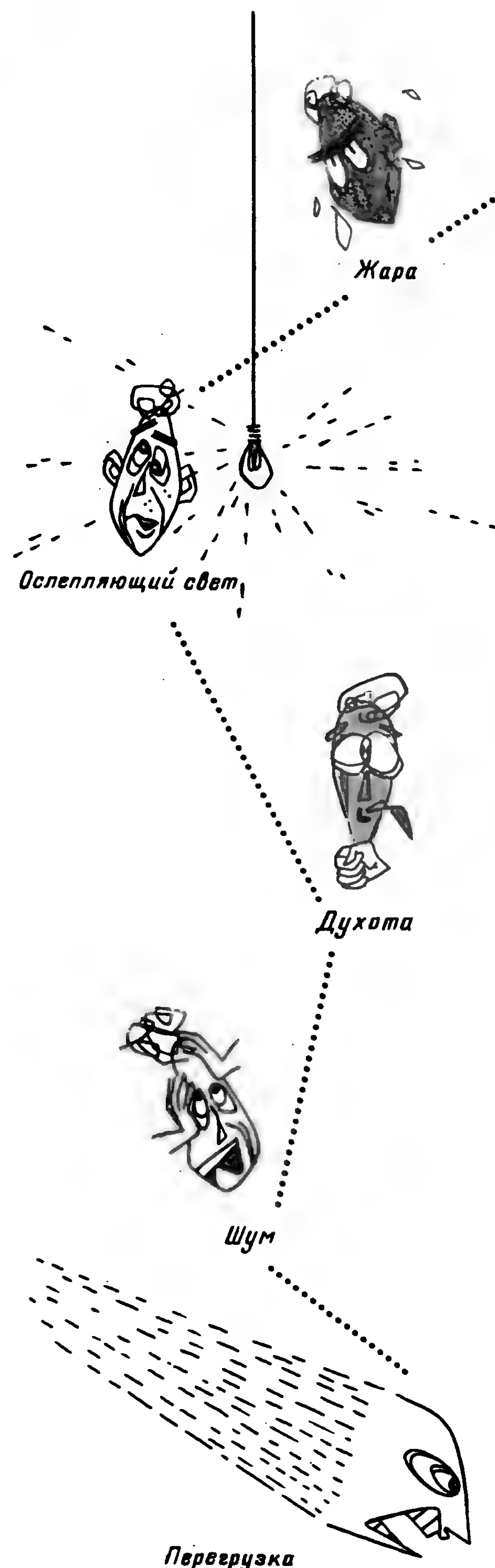


Требования к автомобильной стоянке
Пространство для маневрирования автомобилей — 5 м



Серьезной проблемой при планировке современного завода или лаборатории является обеспечение места для стоянки автомобилей. Типичная ошибка, которую часто делают планировщики, состоит в том, что они предусматривают лишь одну большую стоянку машин у одного конца здания. Это заставляет часть работников проходить пешком значительные расстояния, чтобы попасть в свою контору или цех. На рисунке справа внизу показано размещение стоянок по периметру, что позволяет работникам подъезжать на автомобиле непосредственно к нужной части предприятия. Вообще, чтобы успешно решить эту немаловажную задачу, стоянки следует планировать одновременно с проектированием здания.





РАБОЧАЯ СРЕДА

Освещение, температура, влажность и вентиляция воздуха, шум и вибрация, сохранение равновесия тела, сопротивление действию сил тяжести, утомление — каждый из этих факторов настолько важен, что требует специального и подробного рассмотрения. Однако мы лишь коснемся каждого из этих факторов с точки зрения их влияния на деятельность оператора.

освещение

Хорошее освещение необходимо для выполнения большинства задач оператора. Его, однако, нельзя достигнуть одним только добавлением источников света. Для того чтобы спланировать рациональную систему освещения, необходимо знать специфику рабочего задания, для которого создается система освещения, скорость и точность, с которой это рабочее задание должно выполняться, длительность его выполнения и различные изменения в условиях выполнения рабочих операций. При планировании системы освещения должны учитываться следующие важные факторы:

Подходящая для данного рабочего задания яркость.

Равномерное освещение объекта труда.

Оптимальный яркостный контраст между объектом труда и фоном.

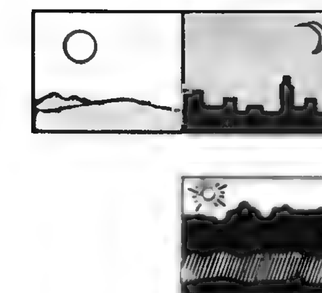
Отсутствие блескости как от источника света, так и от рабочей поверхности.

Соответствующие качество и цвет светильников и поверхностей.

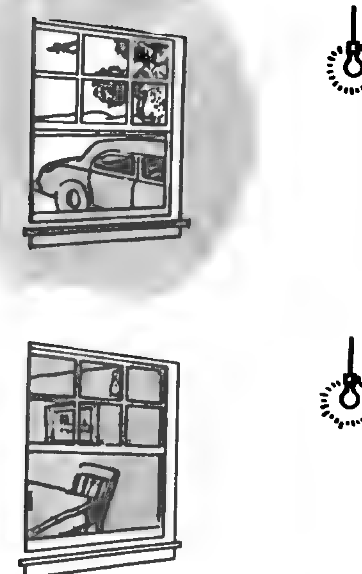
Трудно заранее точно указать условия и способы решения тех задач, которые могут возникнуть при планировании эффективной осветительной системы, однако подробное изложение и анализ приведенных ниже рекомендаций несомненно послужат полезным справочным материалом, который позволит обеспечить благоприятные условия для большинства рабочих процессов. Планирование и размещение всех элементов осветительной системы должно предусматривать легкий доступ к ним для ремонта и чистки, чтобы можно было постоянно поддерживать оптимальные характеристики освещения.

NataHaus

Смена дня и ночи, чередование ясных и пасмурных дней или сложные условия зрительного восприятия при совершении рабочих операций, например необходимость считывать показания приборов внутри кабины самолета и видеть предметы за пределами кабины,— все это часто затрудняет решение вопросов освещения. Не следует думать, что хорошее освещение, предусмотренное для дневной работы, будет одинаково хорошо и для ночной работы, и наоборот.

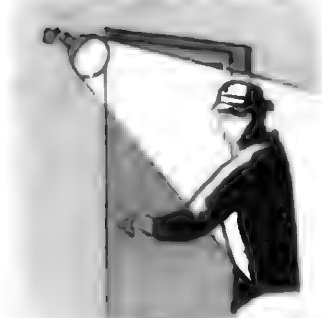


Человеческий глаз адаптируется к общим уровням освещенности, что вызывает необходимость обеспечивать различные системы освещения, например системы для дневного и сумеречного зрения. Чтобы убедиться в этом, попробуйте посмотреть в окно ночью, когда сзади вас зажжена электрическая лампочка. Скорее всего вы ничего не различите за окном, а увидите лишь яркую лампу, четко отражающуюся в оконном стекле. Однако, если вы повторите это наблюдение в дневное время, яркость внешнего освещения благодаря солнечному свету достигнет такого уровня, что вы едва ли заметите отражение лампы от поверхности стекла. Практически невозможно что-либо сопоставить с яркостью солнечного света, отражающегося от некоторой поверхности, даже если эта поверхность окрашена в теплый темный цвет.



Обычная ошибка, которой следует избегать,— направление света на наблюдателя, а не на подлежащий освещению объект. Даже небольшое количество света, направленное в глаза наблюдателя, так изменяет уровень адаптации его глаз, что он лишается способности видеть объект, который вы намеревались осветить.

Другая ошибка, которой следует избегать, состоит в планировании общей осветительной системы для некоторой площади без учета того, что именно будет размещено на этой площади. Перегородки, большие шкафы и даже люди могут поглощать свет или преграждать путь световым лучам от предусмотренных вами источников.

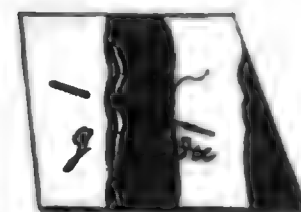




Для некоторых специальных видов деятельности человека совершенно непригоден способ общего освещения всего помещения. Допустим, что несколько операторов должны следить за индикаторами, имеющими низкие контрастные характеристики, например электронно-лучевыми трубками. В этом случае помещение, в котором находятся операторы, должно быть в достаточной степени затемнено. В то же время другим операторам, находящимся в том же помещении, может потребоваться работать со схемами или цветными картами, для чего необходимы высокие уровни освещенности.

Правильное решение подобных проблем освещения не всегда возможно на основе использования графиков и таблиц освещенности. Такие задачи часто требуют экспериментальных методов решения. Рекомендуется использовать переносные светильники с регулируемой мощностью. Такие экспериментальные лампы легко перемещать, они позволяют производить замеры освещенности, а также обнаруживать побочные эффекты — отражение света, блескость и т. п.

Хорошее решение задачи освещения не может быть достигнуто при сосредоточении всего внимания лишь на источниках света. Следует учитывать также взаимодействие света с фактурой поверхности, цветом и другими характеристиками объектов, которые влияют на зрительное восприятие. Так, например, лист глянцевой белой бумаги, воспринимаемый на темной поверхности стола в слабо освещенной комнате, становится для наблюдателя источником блеска, мешающего наблюдениям.



Глянцевая

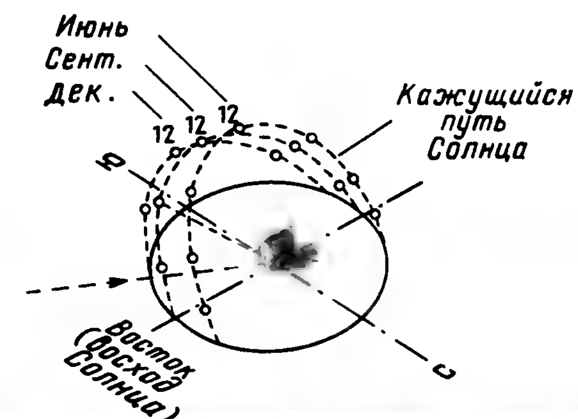


Матовая

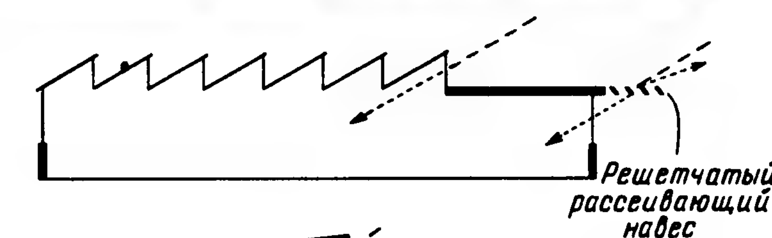
Освещенность является также и психологическим фактором. С помощью освещения можно создать различные условия, располагающие человека к отдыху и покою или, наоборот, вызывающие его возбуждение. Однако создание посредством освещения определенного «психологического климата» не должно нарушать оптимальных условий зрительного восприятия.

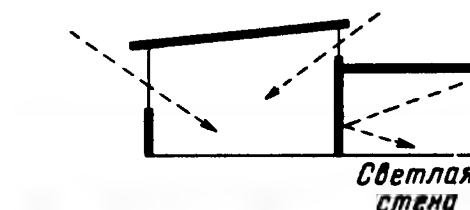
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ДНЕВНОГО СВЕТА

Правильное использование дневного света и его регулирование желательны не только с точки зрения экономии электроэнергии, но и для повышения производительности труда. Состояние нервной системы некоторых людей ухудшается, если их надолго изолируют от солнечного света.

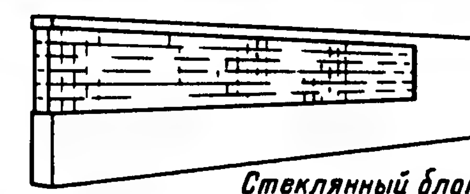


При ориентировании нового здания желательно принимать во внимание направление на страны света. Следует использовать преимущества естественного света. Это означает, что надо учитывать направление движения солнца для данной географической широты и даже высоты над уровнем моря.





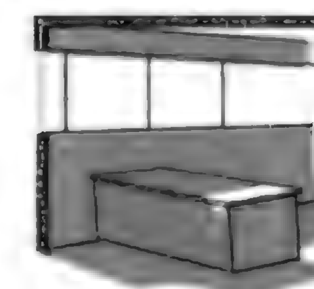
К конструированию зданий следует подходить с точки зрения наилучших условий введения естественного света в пределы рабочего помещения. На иллюстрациях показан ряд рекомендуемых конфигураций, позволяющих хорошо вводить естественный свет и регулировать его распределение.



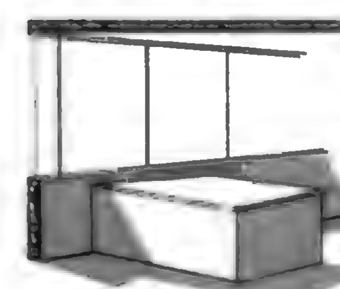
Стеклянный блок

Кроме того, полезно использовать прозрачные и полупрозрачные материалы для фильтрования и более равномерного распределения естественного света.

Некоторые конструктивные решения, например слишком глубокие карнизы или подоконники, могут создавать нежелательное затемнение и их следует по возможности избегать.



Плохо

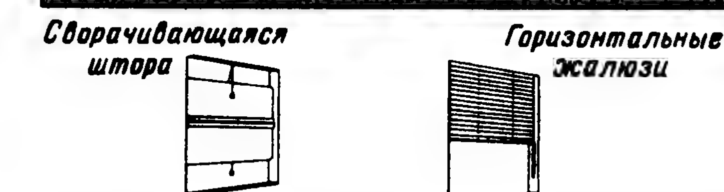


Хорошо

Можно использовать и временные светорегулирующие приспособления, как показано на рисунке справа внизу. Правда, эти приспособления могут создать дополнительные проблемы, если их конструкция не допускает простую регулировку их и чистку.



Сворачивающаяся штора



Горизонтальные жалюзи

Регулирование естественного освещения

При конструировании оконных проемов следует принимать во внимание коэффициенты отражения света от стен, полов и потолков. Так, например, темная стена вокруг окна вызывает явление блескости из-за большого контраста между стеной и площадью окна. Как правило, рекомендуется употреблять светоотражающие краски. При этом, однако, следует избегать блестящих поверхностей.



Вертикальные жалюзи



СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Прямое освещение обеспечивает максимальное использование света на рабочей плоскости. Обычно от 90 до 100% мощности светильника * направлено вниз на рабочую поверхность. Существенными недостатками прямого освещения являются слишком высокие яркостные контрасты, резкие тени и блескость **.

Освещение отраженным светом дает ровную освещенность без теней или блескости. Такое освещение достигается тем, что от 90 до 100% света направляется на потолок и верхнюю часть стен, от которых свет более или менее равномерно отражается по всему помещению.

Диффузное освещение обеспечивает рассеянный свет, одинаково распределенный по всем направлениям. Оно требует меньшей мощности, чем каждая из приведенных выше систем, но вызывает частичное образование теней и блескости. Применение люминесцентных ламп с рефлекторами разрешает большинство проблем, связанных с блескостью рассеивателя света.

При необходимости можно комбинировать прямое или непрямое освещение с диффузным, чтобы создать требуемые условия освещения. Например, люминесцентная настольная лампа сочетает направленность света вниз, характерную для прямого освещения, с диффузным характером свечения люминесцентных трубок.

Способность глаза к восприятию, естественно, резко снижается после продолжительного периода непрерывного чтения. Опыты показали, что за период трехчасового чтения при прямом освещении эффективность чтения снижается из-за блескости на 80%, в то время как при системе отраженного света такое снижение составляет лишь 10%.

---

* Под светильником понимается осветительное устройство в целом, включая патрон, лампу и устройство, направляющее или рассеивающее свет.
** См. примечание на стр. 2-183.— *Прим. ред.*

NataHaus

УРОВНИ ОБЩЕЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

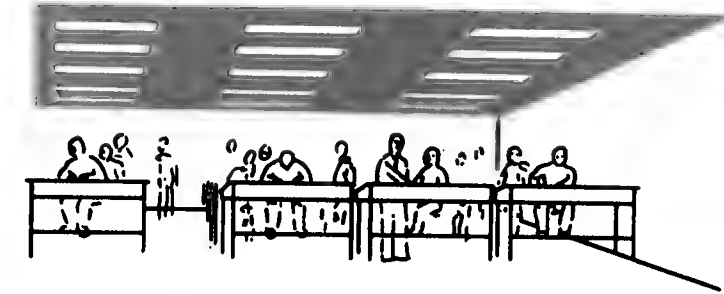
УСЛОВИЯ РАБОТЫ	УРОВЕНЬ ОСВЕЩЕННОСТИ, лкс	ТИП ОСВЕЩЕНИЯ
Мелкие детали, малый контраст, длительные периоды времени, большая скорость, высокая точность	1000	Дополнительное освещение. Особые устройства, такие как настольная лампа
Мелкие детали, средний контраст, объекты находятся на близком расстоянии, скорость не существенна	500—1000	Дополнительное освещение
Обычная работа за столом и конторская работа	200—500	Местное освещение. Потолочные светильники прямо над головой
Непродолжительные задания с нерабочими интервалами	100—200	Произвольное общее освещение, естественное или искусственное
Условия наблюдения не стеснены, контраст хороший, объект достаточно большой	50—100	Общее освещение
Условия наблюдения, нормальные для движения человека и для обращения с большими объектами	20—50	Общее или дополнительное освещение

ОСОБЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО УРОВНЕЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

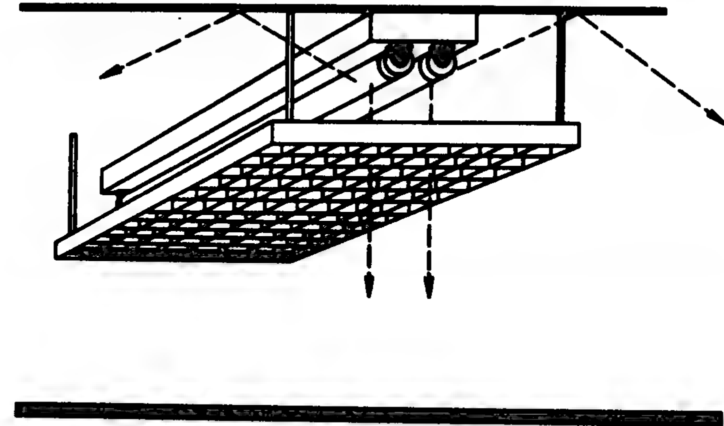
МЕСТО	УРОВЕНЬ, лкс	МЕСТО	УРОВЕНЬ, лкс
Дома:		В школе:	
Чтение	400	На доске	500
Письмо	400	На партах	300
Шитье	700—1000	Черчение (рисование)	500
Работа в кухне	500	Спортзал	200
Зеркало (бритье)	500	Аудитория	100
Стирка	400		
Игры	400	В театре:	
Работа за верстаком	500	Фойе	200
Общее	100 и более	Во время антракта	50
		Во время действия	1
В конторе:			
Бухгалтерская работа	500	В поезде:	
Печатание на машинке	500	Чтение, письмо	200—400
Обработка текстов	400	Прием пищи	150
Общая корреспонденция	300	На ступеньках, в тамбурах	100
Работа с картотекой	300		
Прием посетителей	200	У врача:	
		Кабинет осмотра	1000
		Зубоврачебный кабинет	2000
		Операционный стол	18 000

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ УРОВНИ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ЗАВОДАХ И ФАБРИКАХ

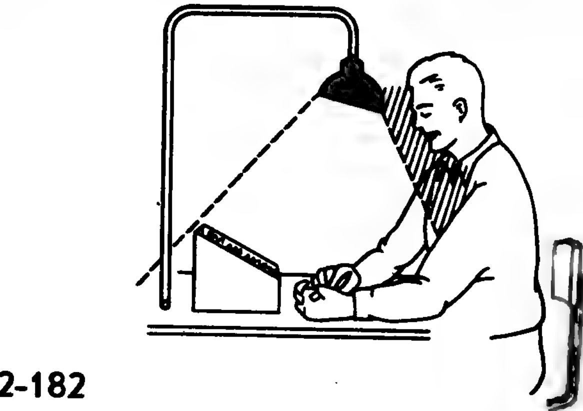
ТИП РАБОТЫ	УРОВЕНЬ, *ЛКС*	ТИП РАБОТЫ	УРОВЕНЬ, *ЛКС*
Сверление, клепка	300	Черчение	1000
Разметка и изготовление шаблонов	500	Ретушь	1500
Сварка	300	Обработка на станке:	
в точке сварки	10 000	грубая	200
Сборка	300	очень точная	2000
очень точная сборка	3 000	Операции с листовым металлом:	
Отделка, осмотр	2 000	штамповка, тиснение	300
Окраска	300	графление	1000
Обработка стекла — гранение, полировка	500	Приемка, отправка	100



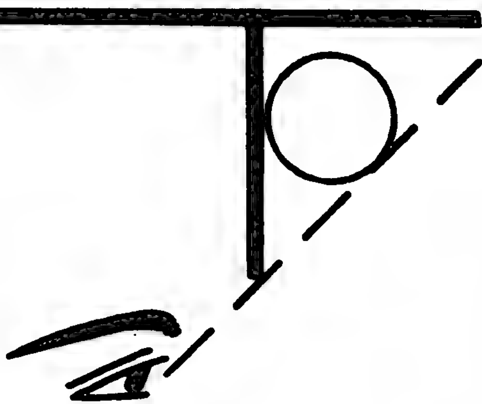
Несмотря на правильно выбранный уровень освещенности, условия зрительного восприятия все же могут быть неблагоприятными, если осветительные устройства расположены не надлежащим образом. На рисунке слева воспроизведена весьма распространенная ошибка, которую допускают при применении люминесцентных светильников. В этом случае арматура установлена заподлицо с потолком, вследствие чего потолок кажется значительно темнее светильника. Возникающий при этом слишком высокий контраст действует раздражающе и утомляет глаза.



Люминесцентные светильники не должны использоваться так, как показано выше. Светильник должен монтироваться таким образом, чтобы свет не только непосредственно направлялся вниз на рабочую площадь, но и отражался от потолка. На иллюстрации слева показано использование экранов, которые предохраняют глаза работающих от прямых лучей источника света.

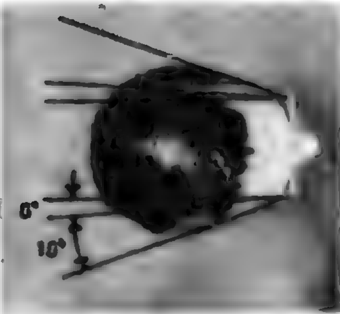


Полезно кроме общего освещения предусматривать дополнительные источники света непосредственно у рабочего места. При этом лампа должна быть расположена так, чтобы ее свет не был направлен прямо в глаза работающего и не слепил его, отражаясь от рабочей поверхности. Необходимо учесть возможность возникновения теней, например, от обрабатываемой детали или от рук рабочего.



ПРОБЛЕМА БЛЕСКОСТИ*

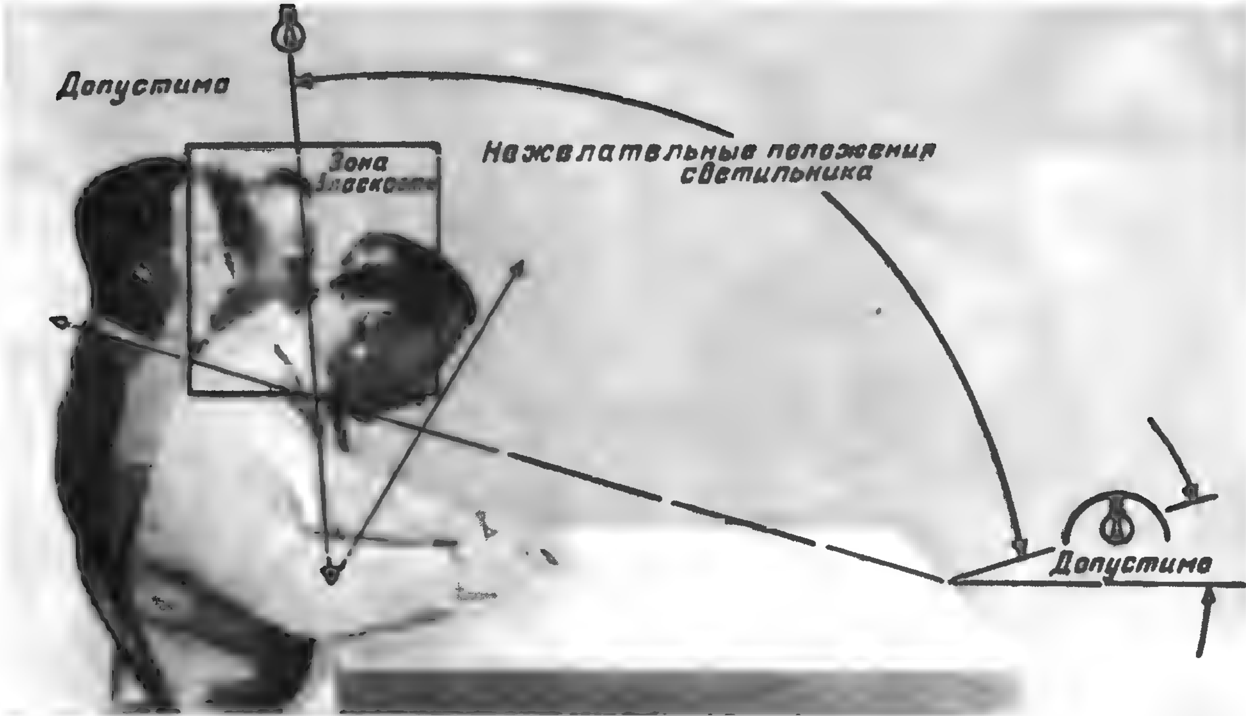
Блескость — наиболее вредный дефект освещения. Имеется зона прямой блескости, которую можно устранить или по крайней мере уменьшить правильным расположением светильников и защитных экранов или, если положение светильников закреплено, путем соответствующей перестановки столов и стульев. Светильники, расположенные под потолком, следует для устранения прямой блескости загораживать экранами под углом примерно 45°. Блики на рабочей поверхности стола сильно мешают работе, и для их устранения необходимо специально подбирать расположение светильников.

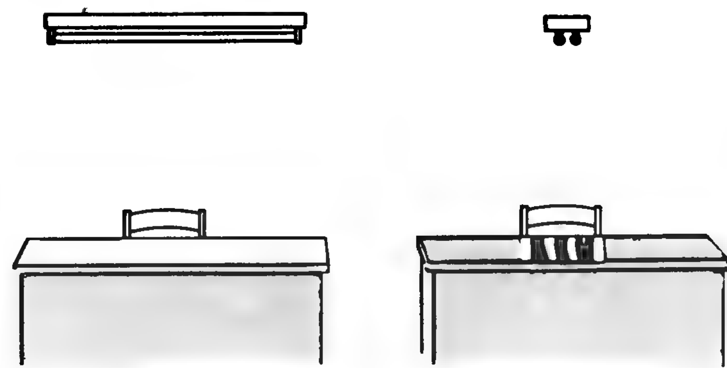


Недопустимы блики на стеклах очков. Во избежание их появления светильники должны быть расположены не менее чем на 30° выше оси зрения, не менее чем на 40° ниже оси зрения или по ее бокам за пределами двух зон по 15° каждая, как показано на рисунке справа.

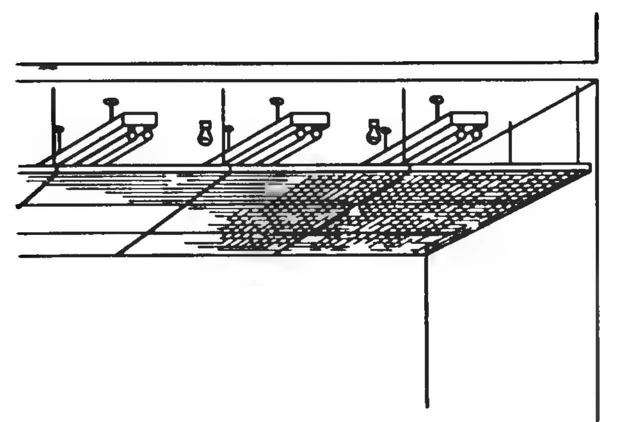


* Под блескостью (glare) понимается специфическое свойство ярко освещенной поверхности вызывать ослепление или дезадаптацию наблюдателя.— *Прим. ред.*



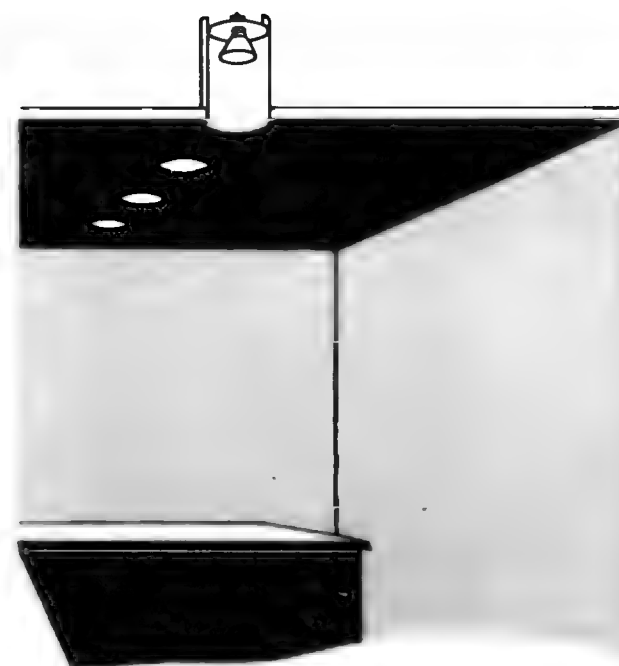


ПРОДОЛГОВАТЫЕ светильники следует располагать таким образом, чтобы длинная сторона световой арматуры была параллельна рабочей поверхности (длинной стороне стола). В противном случае появится большой блик поперек рабочей поверхности, как показано на правом рисунке.



Идеальные условия освещения могут быть обеспечены при применении СВЕТЯЩЕГОСЯ ПОТОЛКА, например такого, какой показан на приведенной иллюстрации. В этом случае между источниками света и рабочей поверхностью помещается полупрозрачная рама. Поскольку применена открытая конструкция без излишних перегородок, на раме не скапливается грязь, которая снижала бы освещенность. Раму следует конструировать так, чтобы она легко снималась для замены светильников.

Многие считают, что люминесцентное освещение утомляет зрение. В связи с этим можно рекомендовать комбинировать люминесцентные лампы с обычными лампами накаливания. Лампы накаливания добавляют к спектру теплые тона, смягчая тем самым холодный свет люминесцентных ламп.

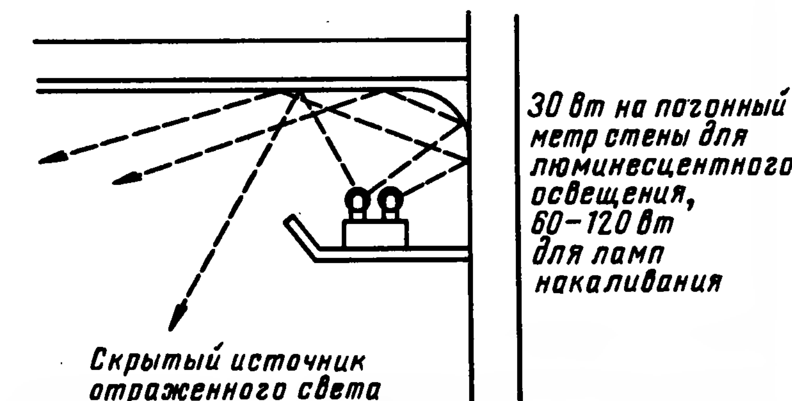


Иногда желательно достигнуть особых осветительных эффектов, например снизить общую освещенность в помещении, осветив в то же время довольно ярко некоторые его зоны. В этих случаях обычно помещают лампы в специальные гнезда в потолке, однако необходимо следить за тем, чтобы глубина гнезд была достаточно велика, чтобы лампы не светили прямо в глаза.

Такой способ расположения светильников обеспечивает равномерное освещение и, если правильно пользоваться им, снижает вероятность появления блескости. Тем не менее при выборе такого расположения светильников требуется большая осторожность, поскольку оно может приводить к появлению резких теней в различных местах помещения. Особенно сильные тени появляются на полу, поэтому иногда желательно предусматривать небольшую дополнительную подсветку пола, чтобы движение людей в помещении не было затруднено. Внутренность углублений для ламп следует окрашивать в черный цвет.

NataHaus

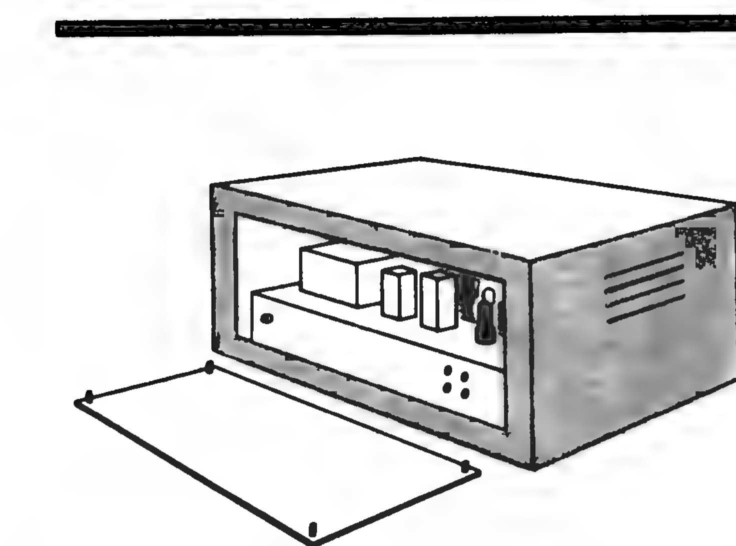
Установка СКРЫТЫХ КАРНИЗНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ является одним из лучших способов сочетания оптимальной диффузии и снижения блескости общего освещения. Внутренность карниза и прилегающую часть стены следует окрашивать в матовый белый цвет, чтобы довести до максимума коэффициент отражения света изнутри ниши на площадь потолка, и притом без бликов. Потолок следует окрашивать в светлые тона; во многих случаях нет необходимости делать его белым.



Очень часто забывают о правильном освещении мест, где осуществляется УХОД ЗА ОБОРУДОВАНИЕМ. Стойки оборудования могут вызывать образование теней, которые затрудняют видимость мест, подлежащих обслуживанию. Если световая арматура уже установлена, необходимо размещать стойки в соответствии с системой расположения светильников. Проверьте уровень освещенности внизу стойки. Люминесцентные светильники лучше всего располагать параллельно рядам стоек, как показано на рисунке.

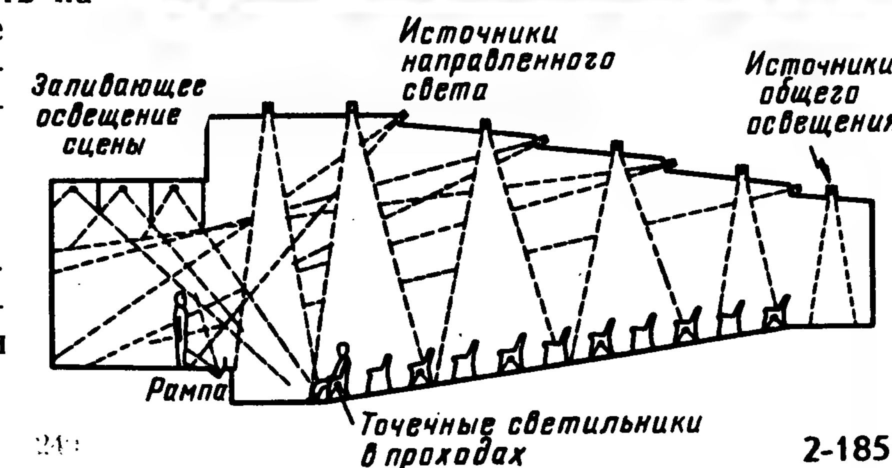


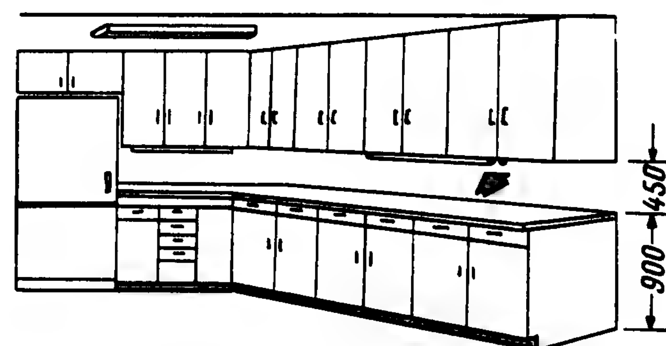
Внутренние поверхности ШКАФОВ И ЯЩИКОВ, в которых смонтировано оборудование, следует окрашивать в белый цвет, чтобы использовать весь попадающий внутрь свет. Надписи будут более разборчивы, если использовать черные буквы на белом фоне, поскольку последний лучше отражает то небольшое количество света, которое попадает внутрь блока или шкафа. Надписи, выполненные на монтажных шасси черной краской, лучше читаются, если шасси окрашено в белый цвет, чем если сохранен естественный цвет алюминия.



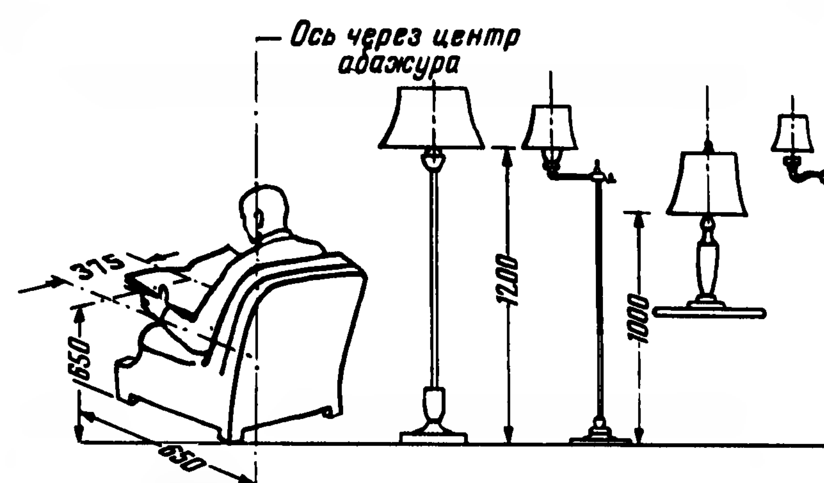
ЗРИТЕЛЬНЫЕ ЗАЛЫ И АУДИТОРИИ следует снабжать регулируемой освещенностью. Свет прежде всего должен падать на сцену, а не на зрителей. Однако в зале должно быть достаточно света, чтобы зрители могли ориентироваться и читать программу. Для всех ламп в зале рекомендуется иметь регуляторы яркости.

Рекомендуется устанавливать лампочки в проходах, чтобы люди не спотыкались, проходя по ним при затемнении зала.



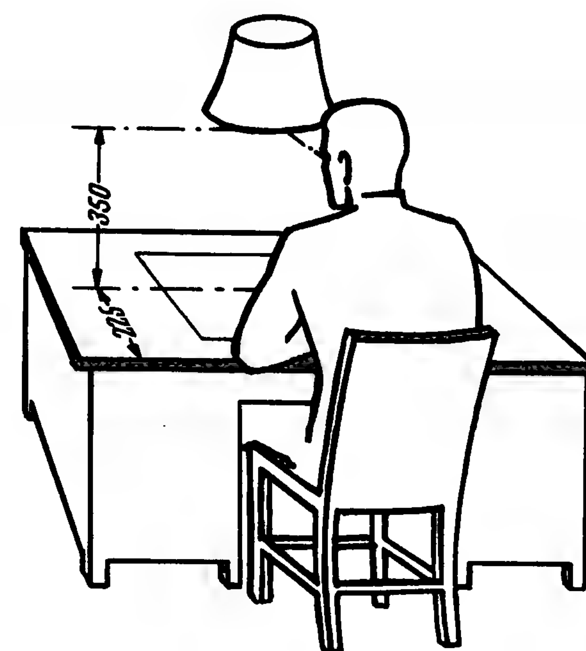


Типичная ошибка, допускаемая в планировании ОСВЕЩЕНИЯ КУХНИ, состоит в том, что не предусматриваются светильники под навесными стенными шкафами. При этом не только возникают тени от шкафов, но и сама хозяйка затемняет рабочее место, что затрудняет видимость на полке или столе под шкафами. Рекомендуется помещать светильники под навесными шкафами, как показано на рисунке. Люминесцентные светильники мощностью 40 *вт*, помещенные так, как показано, обеспечат домохозяйке прекрасные условия работы.



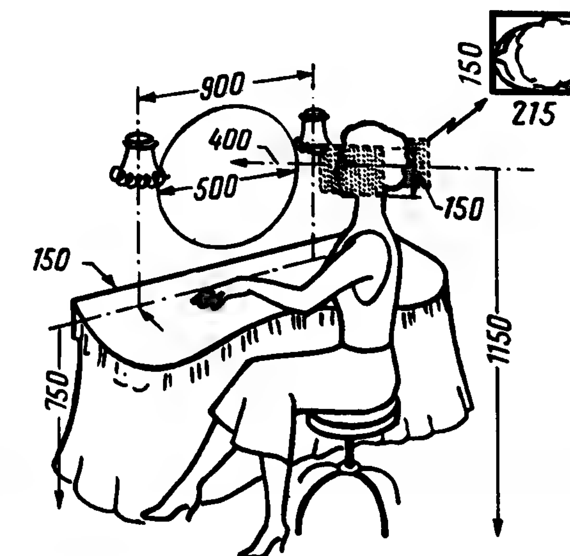
ЛАМПЫ для домашнего пользования очень часто делаются или по крайней мере располагаются неправильно, вследствие чего не обеспечиваются оптимальные условия зрения. На приведенной иллюстрации показаны основные размеры и общие принципы расположения ламп для чтения.

Не рекомендуется употреблять светонепроницаемые ламповые абажуры, поскольку они обусловливают большую потерю света и, кроме того, создают очень контрастные светотени, утомляющие зрение.



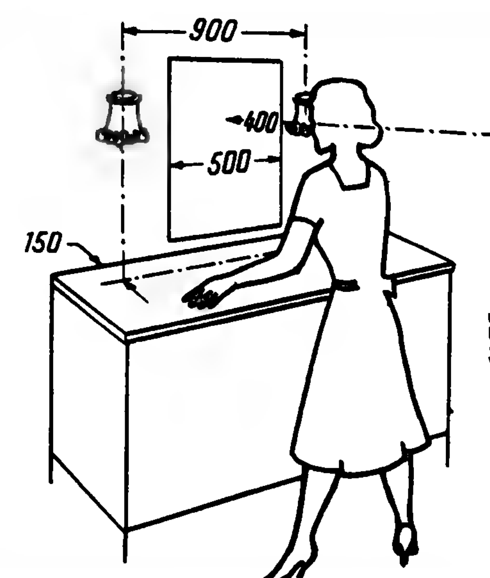
Расположение ламп над письменными столами, используемыми для чтения, письма или черчения, должно быть таким, как показано на рисунке. Ось лампы должна находиться на расстоянии 225 *мм* от человека на уровне его глаз, т. е. в 350 *мм* над столом, имеющим высоту 750 *мм*. Этот размер, конечно, приблизителен и может меняться при условии, что свет не создает блескости читаемого материала. Нижний край абажура должен быть расположен не выше 375 *мм* над поверхностью стола, чтобы не была видна яркая внутренность абажура. Две лампы, расстояние между которыми составляет примерно 750 *мм*, могут быть установлены на расстоянии 550 *мм* от переднего края стола.

Для сидящего перед ТУАЛЕТНЫМ СТОЛИКОМ плоскости, подлежащие освещению, должны соответствовать боковым сторонам и передней части лица. Все три плоскости расположены под прямым углом друг к другу и пересекаются по линии, расположенной непосредственно перед лицом. Эта линия должна находиться на расстоянии 400 *мм* от зеркала. Для настольных ламп или бра вертикальные оси, проходящие через центры источников света, должны располагаться на расстоянии 900 *мм* друг от друга и около 150 *мм* от стены.

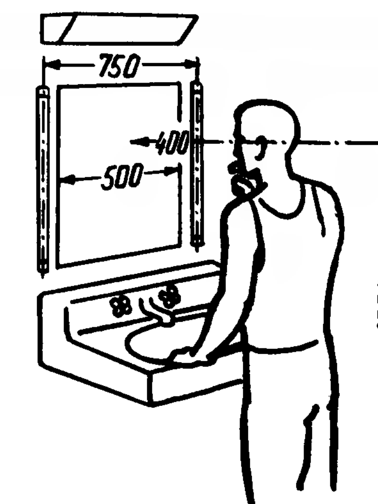


Освещение туалетного столика для положения стоя должно строиться таким же образом, но с тем различием, что расчетная высота глаз от пола в этом случае увеличивается до 1,47 *м*.

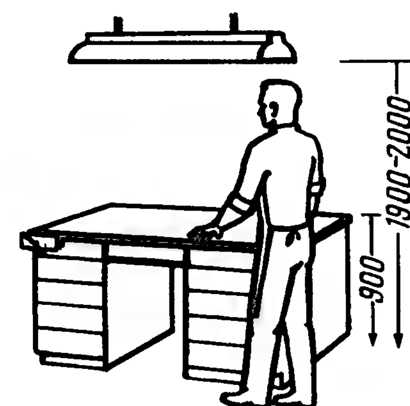
Люминесцентные светильники в этом случае применять не рекомендуется, поскольку синеватый свет этих светильников существенно искажает цвет лица. Для этих целей вполне достаточны источники света мощностью от 40 до 60 *вт*. Абажуры ламп должны быть прозрачными, а не светонепроницаемыми, чтобы свет падал на лицо без блескости.



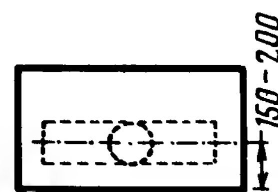
Размещение освещения для зеркала в ВАННОЙ КОМНАТЕ показано на рисунке справа. Поверхности, которые надо осветить, включают не только лицо (спереди и с боков), но также и верхнюю часть головы. Освещаемая площадь в этом случае составляет примерно 40 $см^2$ и наклонена на 25° к горизонтали, а ее центр находится на уровне 1,55 *м* от пола. Вертикальные оси, проведенные через центры светильников с каждой стороны зеркала, расположены на расстоянии 750 *мм* друг от друга *.



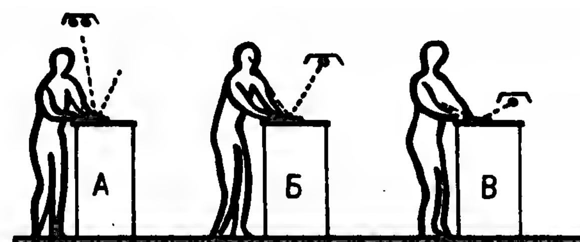
* Рекомендации, приведенные на этой странице, основаны на материалах Американского светотехнического общества [13].

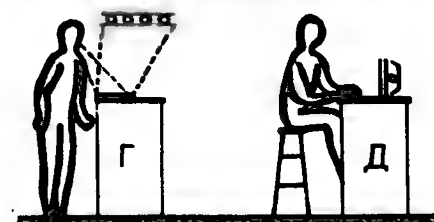


При выборе расположения светильника для освещения РАБОЧЕГО ВЕРСТАКА необходимо учитывать различные факторы. Поскольку рабочему в процессе выполнения операций приходится нагибаться вперед, необходимо располагать светильник достаточно высоко, чтобы рабочий не ударялся о него головой.



В общем случае светильник следует помещать ближе к переднему краю верстака, как показано на рисунке. Пунктирный прямоугольник обозначает место расположения люминесцентной лампы, а кружок — положение лампы накаливания. Рекомендуется использовать спаренный 40-ваттный люминесцентный источник или 150-ваттную лампу накаливания.





Другие примеры расположения дополнительных светильников [14]:

А. Место расположения светильника выбрано с расчетом предотвратить появление отраженных бликов.

Б. В тех случаях, когда при работе требуется высокая контрастность, например при рассматривании гравировки, угол отражения света должен совпадать с углом зрения.

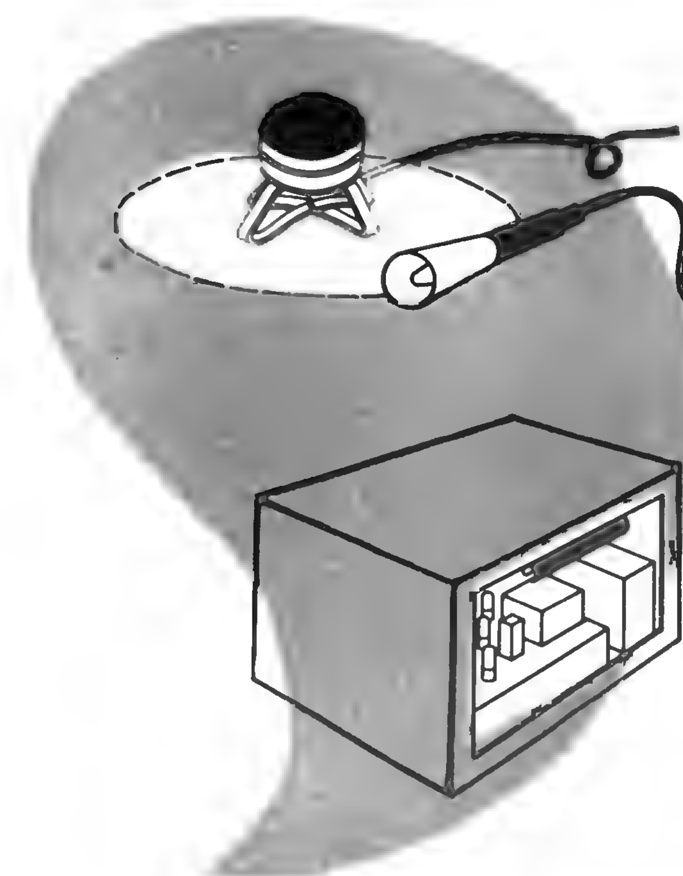
В. Освещение под малым углом для выявления неровностей поверхности.

Г. Свет источника большой площади отражается от объекта в направлении к глазу наблюдателя.

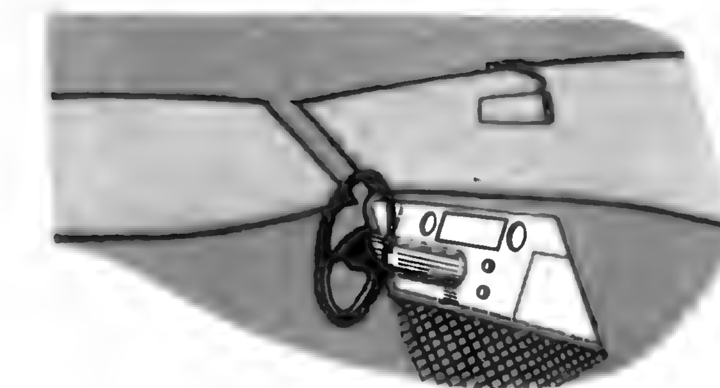
Д. Просвечивание источником диффузного света для просмотра пленки.



Во многих случаях, таких, как, например, ДИСПЕТЧЕРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОЗДУШНЫМ ТРАНСПОРТОМ, требуются жесткий контроль и ограничение излучений и отражений света. В этих случаях рекомендуются светильники, расположенные низко на пульте и защищенные козырьками с таким расчетом, чтобы на приборах не отражалась светлая одежда оператора, а сами источники света не отражались в оконном стекле. Благодаря такому расположению и конструкции светильников оператору обеспечены приемлемые условия для темновой адаптации, необходимой для того, чтобы видеть происходящее снаружи.



Кроме освещенности пульта, важно иметь в виду и другие вспомогательные требования к освещению, например освещение пола. Следует помнить, что блокирование распространения света на общую площадь увеличивает затененность пола, что затрудняет передвижение людей. В этих случаях следует предусматривать малогабаритные светильники небольшой мощности, закрытые козырьком, как показано на иллюстрации. Для этой цели достаточна 15-ваттная лампа ночника. Наконец, необходим свет и для обслуживания и ремонта оборудования. Поскольку на диспетчерских пунктах управления воздушным движением рабочие операции совершаются круглосуточно, может возникнуть необходимость в устранении неполадок и ночью. Для этой цели полезны небольшие переносные светильники, однако лучше, если внутри оборудования предусмотрены особые осветительные лампочки; тогда исключается возможность того, что ремонтник, работая с переносной лампой, случайно направит свет на окно или в глаза дежурного оператора. Кроме того, для регулярной уборки помещения необходимы потолочные светильники общего освещения. Иногда они могут понадобиться и в дневное время.



Аналогичные принципы освещения необходимо применять и для других видов деятельности, когда человек должен видеть как внутренние, так и внешние объекты. Примерами служат автомобили, автобусы, локомотивы, корабли и самолеты. При устройстве системы освещения во всех этих случаях следует придерживаться следующего общего принципа: «направляйте свет туда, где он нужен, и убирайте его из тех мест, где он будет ухудшать условия темновой адаптации оператора».

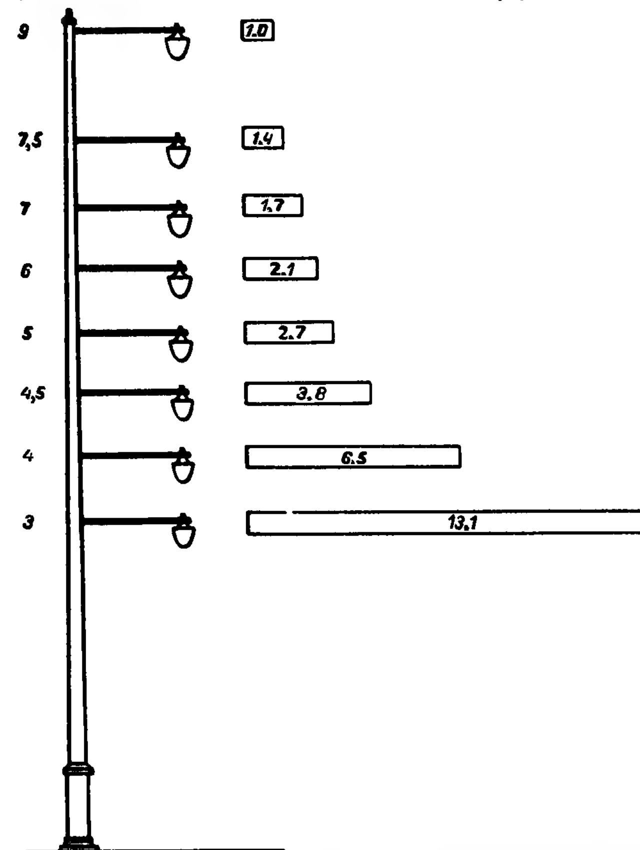
Как правило, уровни освещенности, необходимые для наблюдения в случае, когда зрение человека адаптировано к темноте, намного ниже, чем при нормальной дневной адаптации. Однако, учитывая возможность больших колебаний уровня общего освещения (городские огни, вспышки молнии и т. д.), рекомендуется предусматривать для таких необычных условий средства регулирования освещения.

В ситуациях, при которых требуется особенно высокая темновая адаптация, желательно употреблять красный свет (см. таблицу на стр. 2-199).

NataHaus

ОСВЕЩЕНИЕ

Высота, м *Относительный слепящий эффект*



Хорошая видимость — основа БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ. Первостепенные факторы, влияющие на видимость, таковы:

яркость объектов на дороге или вблизи нее;

размер объекта и его опознавательной детали;

яркостный контраст между объектом и его окружением;

время, имеющееся для обзора;

величина мешающей обозрению блескости.

Оценка степени видимости, которая обеспечивается установленным городским освещением, включает три следующих принципиальных фактора:

яркость тротуара в различных точках;

яркость объектов на дороге и вблизи нее;

блескость, обусловленная осветительными установками и дальними огнями встречного движения.

Уровни освещенности для бетонных поверхностей с 20%-ным коэффициентом отражения:

шоссе — 3 *лм/м²*;

перекрестки — 4 *лм/м²*.

Там, где требуется минимальная видимость света сверху (например, с самолета), рекомендуется использовать для внешнего освещения рефлекторы, направляющие световое излучение вниз.

Общее внешнее освещение должно планироваться так, чтобы лучи от источников света не попадали непосредственно в глаза.

Освещение самолетных стоянок должно быть спланировано так, чтобы освещались обе стороны самолета.

Современные аэропорты организованы так, что обслуживание самолета может быть закончено за время высадки и посадки пассажиров (при этом обслуживание самолета и погрузка багажа происходят с одной стороны, а посадка пассажиров — с другой). Очень часто освещение планируется лишь для той стороны, где производится посадка, а обслуживающий персонал вынужден работать в темноте.

Все внешнее освещение должно быть рассеянным.

ОСВЕЩЕНИЕ ГРАЖДАНСКОГО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

Освещение современного воздушного лайнера должно удовлетворять одному из наиболее обширных наборов требований, которые предъявляются к системам освещения. Следующий перечень элементов системы освещения самолета является типовым:

освещение кабины;
освещение буфета;
освещение туалета;
освещение входа;
освещение полок ручной клади;
освещение прохода;
общее освещение салона;
освещение сиденья пассажира (для чтения);
освещение багажного отделения;
аварийное освещение салона;
специальное освещение для обслуживания самолета (люки, шасси и т. д.);
освещение для внешнего осмотра;
навигационные огни;
огни, предупреждающие столкновение (габаритные);
огни приземления;
огни передвижения самолета по земле.

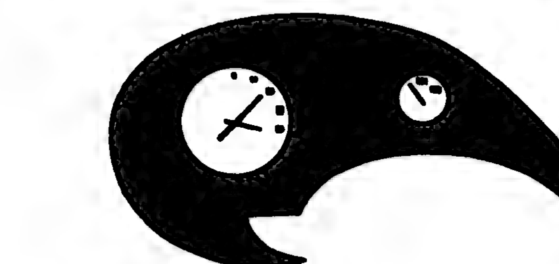
Мы не ставим себе задачей детально рассмотреть все перечисленные проблемы освещения самолета, а остановимся лишь на некоторых наиболее важных факторах, которые влияют на эффективность труда обслуживающего персонала и удобство пассажиров.

КАБИНА

Кабина, безусловно, является самым ответственным помещением самолета. Экипаж должен выполнять сложное задание, которое определяет успех и безопасность всего полета. Уровень освещенности окружающей среды варьирует от условий ночного времени, когда пилот должен видеть смутные очертания предметов вне кабины и одновременно надежно читать показания приборов внутри нее, до условий дневного времени на большой высоте, когда яркий свет снаружи может сделать интерьер кабины похожим на черный колодец. Поскольку реакция пилота на то, что он видит, часто должна быть очень быстрой, важно, чтобы физические условия зрения были во всех случаях оптимальными.



Одной из наиболее сложных проблем является «ровное» освещение всех приборов. Отношение яркостей воспринимаемых деталей и площадей не должно ни в коем случае превышать 7 : 1. Ни один из источников света * не должен быть непосредственно виден пилоту. Напротив, пилоту должны быть отчетливо видны органы управления или хотя бы указывающие отметки на них. В распоряжении пилота должно быть белое и красное освещение, он должен иметь возможность регулировать оба эти вида освещения.



Воспринимаемая яркость приборных циферблатов должна быть примерно одинаковой

* Здесь речь везде идет об осветительных устройствах; световые сигнальные элементы сюда, естественно, не относятся.— *Прим. ред.*



Поскольку на некоторых частях панели расположено больше приборов, чем на других, первые будут казаться более яркими. Поэтому необходимо предусмотреть несколько цепей регулирования, что позволит пилоту сбалансировать общую освещенность. Следует предусматривать особое освещение на случай грозы, чтобы уравновесить внезапное изменение уровня адаптации, вызванное вспышкой молнии. Общее освещение кабины должно обеспечить возможность движения человека по кабине, не допуская при этом нарушения оптимальности условий адаптации пилота.



БУФЕТ

Очень часто освещение буфетов неудовлетворительно потому, что конструктор пытался создать там «элегантную» обстановку. Помните, что у стюардессы сложная и напряженная работа. Не применяйте точечных светильников, так как они создают тени, затрудняющие работу. Многие части оборудования буфета сделаны из нержавеющей стали или полированного алюминия для лучшего сохранения их чистоты. Диффузное освещение снизит вероятность образования бликов на этих поверхностях. Уровень освещенности в непосредственной рабочей зоне должен быть не меньше 400 *лкс*.

ТУАЛЕТ

Хотя туалет не представляет собой особо ответственного места с точки зрения общей эффективности или безопасности, все же важно, чтобы его освещение отвечало требованиям пассажиров. Уровень его освещенности от диффузных источников света должен быть не менее 250 *лкс*. Цвет освещения не должен быть чересчур «синим» (как у люминесцентных светильников), потому что он неприятен для пассажирок, которые захотят подкрасить губы или попудриться. Освещение туалетной комнаты должно быть таким, чтобы при открывании двери в салон туда не врывался яркий сноп света. Один из способов обеспечить это состоит в том, чтобы освещенность уменьшалась, когда дверь в туалет открыта, и автоматически увеличивалась после того, как пассажир вошел в туалет и закрыл за собой дверь.

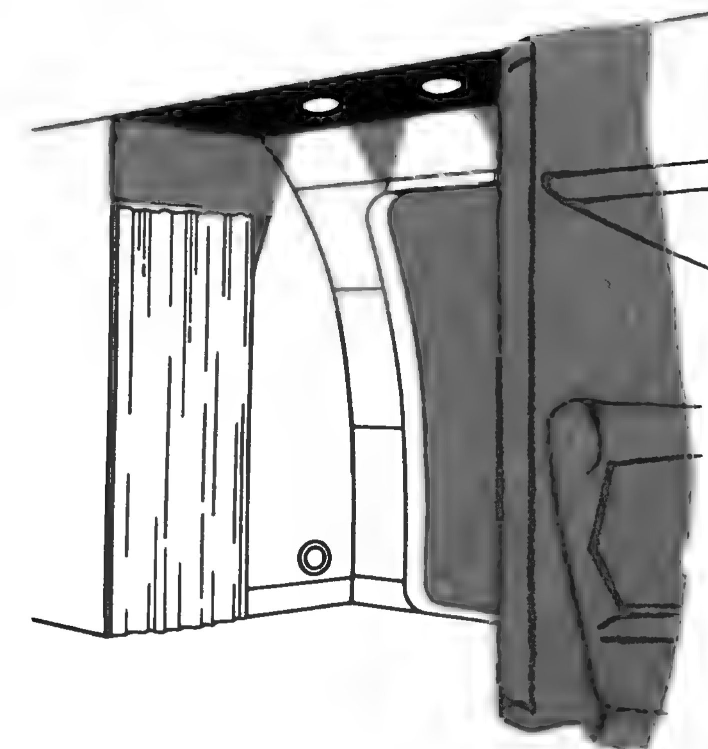
На двери или рядом с нею следует установить освещенный знак, указывающий на то, что туалет занят.

NataHaus

ВХОД

Вероятно, наиболее важным фактором, который следует учитывать при освещении входа в самолет, является создание условий, при которых пассажир видит, куда он идет! Наиболее часто встречающиеся ошибки освещения входа: а) декоративное местное освещение пола; б) лампы, направленные в лицо входящему пассажиру; в) уровни освещенности настолько высокие, что когда пассажир выходит из самолета, он не видит слабо освещенного трапа.

Особое внимание надо уделять освещению необычных выступов, которые могут быть частью конфигурации двери, таких, как низкая верхняя перекладина, возвышающийся над полом порог или дверные петли.

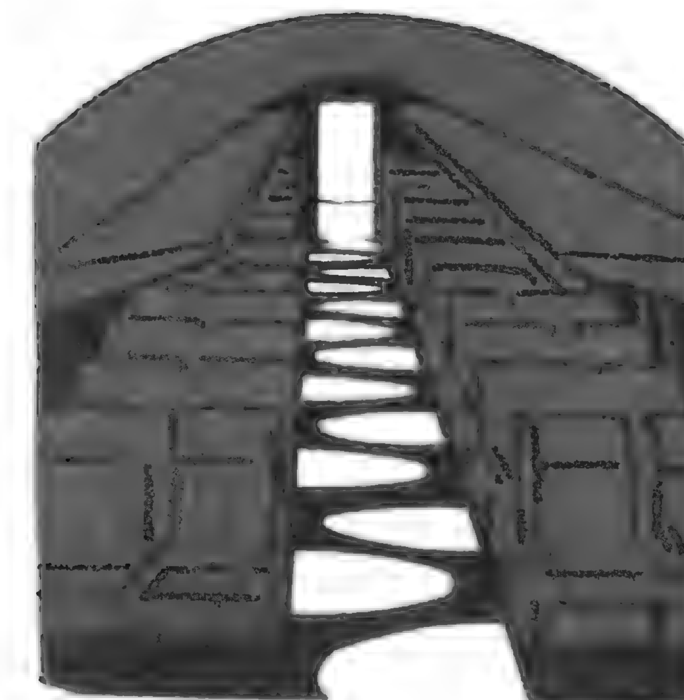


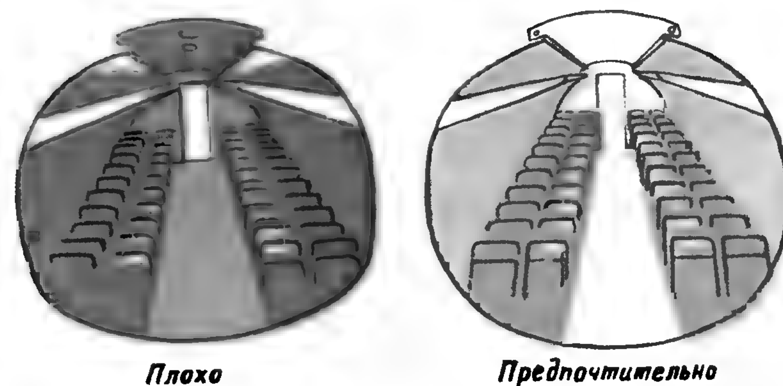
МЕСТА ХРАНЕНИЯ РУЧНОЙ КЛАДИ

Уровень освещенности этих площадей (сеток для шляп, вешалок для плащей и т. д.) не должен быть высок. Важно устраивать освещение так, чтобы вещи, помещенные в место хранения, не загораживали свет.

ОСВЕЩЕНИЕ ПРОХОДА

Легко упустить необходимость освещения прохода, полагая, что общее освещение салона будет попадать и на пол. Это не всегда соответствует действительности, и следует особо предупредить конструкторов, чтобы они обращали внимание на освещение пола. Особое значение имеет аварийное освещение, которое необходимо предусматривать как независимое от общей цепи освещения. В случае ненормальной посадки, когда самолет может стоять наклонно, пассажиры должны иметь возможность быстро покинуть самолет. Поскольку они могут уже из-за ненормальной посадки быть в состоянии эмоционального возбуждения, факт плохой видимости прохода, ведущего к выходу, может привести к всеобщей панике и нарушению безопасности выхода из самолета. Очевидно, что обычное освещение прохода должно быть спланировано так, чтобы оно не мешало пассажирам спать во время ночного полета.





Плохо Предпочтительно

ОБЩЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ САЛОНА

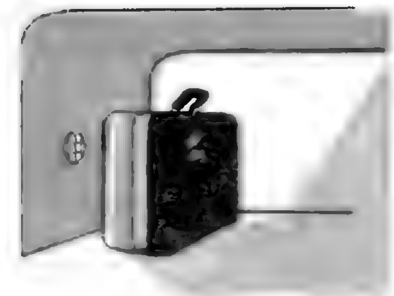
Первая цель — это создать ровное освещение салона самолета без теней. При применении точечных светильников сиденья и багажные полки часто образуют тени. Люминесцентные светильники,. помещенные в специальные ниши и отражающие свет на ровные поверхности, обеспечивают наилучшее рассеяние света. Освещение должно конструироваться так, чтобы стюардесса могла регулировать уровень общей освещенности. Уровни освещенности должны регулироваться в пределах от 30 до 40 *лкс*. Поверхности интерьера в салоне должны быть относительно светлыми по цвету (коэффициент отражения около 70%). Цвет освещения не должен быть слишком «синим».

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЛАМПА ДЛЯ ЧТЕНИЯ

Положение индивидуальной лампы для чтения должно быть таким, чтобы освещалась площадь размером 450×300 *мм* прямо перед пассажиром на уровне его коленей. Уровень освещенности должен быть между 250 и 400 *лкс*. Самое яркое место должно быть в центре площади, постепенно уменьшаясь к ее краям. Не старайтесь создавать резкую границу на краях освещенного поля!

Источник света не должен быть непосредственно виден соседним пассажирам. Хотя имеются светильники, которые можно поворачивать в нужном направлении, трудно сделать так, чтобы при регулировке светильника один пассажир не мешал другому, который может в это время хотеть спать.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ. Лампы выделяют большое количество тепла в ограниченном объеме лампового гнезда, поэтому арматура должна конструироваться так, чтобы тепло рассеивалось, иначе пассажир может обжечь пальцы, пытаясь отрегулировать свет для чтения.



ОСВЕЩЕНИЕ БАГАЖНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

Главное, что надо иметь в виду при освещении багажных отделений, — это то, что багаж, естественно, загораживает лучи света. Если устанавливается диффузный источник света, теней образуется меньше. Надо предусматривать соответствующие защитные приспособления, чтобы чемоданы и ящики не наносили повреждения световой арматуре. Уровень освещенности может не превышать здесь 50 *лкс*.

NataHaus

АВАРИЙНЫЕ ЛАМПЫ

Необходимость аварийного освещения признана Федеральным авиационным агентством США, которое предписывает обязательную установку на каждом самолете этого вида освещения. Расположение этих ламп должно особо учитывать освещение пути к выходам и люкам. Аварийное освещение должно образовать автономную систему, независимую от обычной цепи. Аварийная система должна включаться автоматически, так как вполне возможно, что ни один из членов экипажа не будет иметь возможности включить ее.

Требуется лишний раз внимательно проследить, чтобы были освещены площадь пола, выходы и все спасательные приспособления. Проверьте, что аварийное освещение не ослепляет пассажиров!

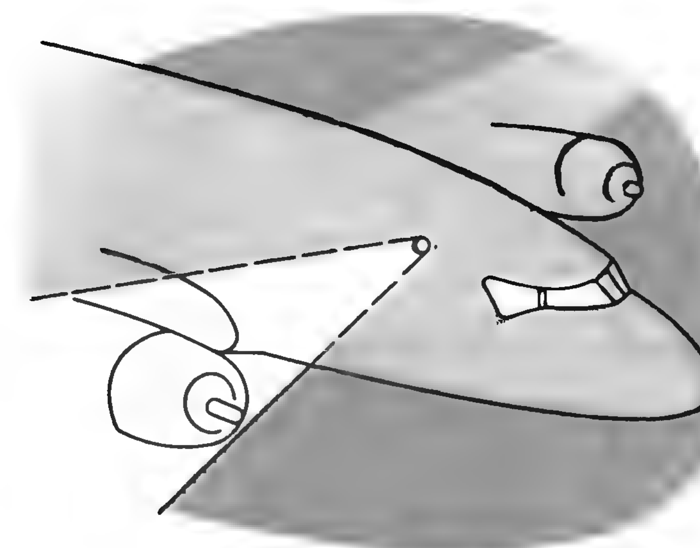
Все выходы должны быть четко обозначены. Знаки рекомендуется снабжать внутренней подсветкой.



СПЕЦИАЛЬНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ САМОЛЕТА

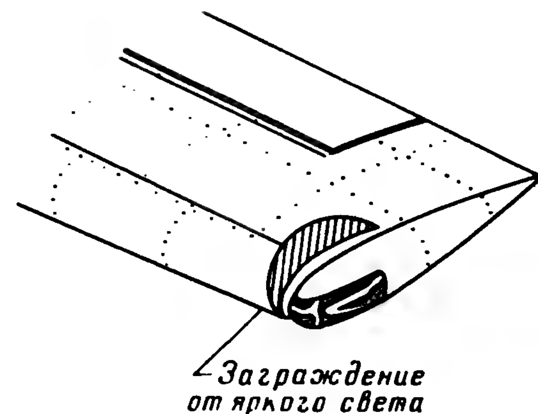
Хотя обычное обслуживание самолета происходит в хорошо освещенных ангарах, следует предусмотреть вспомогательную осветительную арматуру в ответственных узлах, таких, как шасси и др. Важным показателем для вынесения решения, нужна ли в том или ином месте вспомогательная лампа, является ответственность операций обслуживания, выполняемых в этих местах. Если осмотр какой-то части самолета должен производиться часто и исправность осматриваемого узла может повлиять на безопасность полета, предусмотрите лампу специально для освещения этого узла!

Во многих местах для предотвращения случайных неправильных подсоединений и т. д. используется цветовое кодирование. Помните, что цветовое кодирование бесполезно, если нет соответствующего освещения.



ВНЕШНЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ ДЛЯ ОСМОТРА В ПОЛЕТЕ

Часто пилоту в полете требуются специальные светильники, которые позволяют ночью осматривать двигательные установки и поверхности крыльев. Такие светильники следует помещать на фюзеляже в специальных нишах, прикрытых прозрачными крышками и сохраняющих таким образом аэродинамические характеристики самолета. Расположение этих светильников должно быть таково, чтобы прямые или отраженные от блестящих поверхностей лучи света не попадали в кабину и в глаза пилота.



НАВИГАЦИОННЫЕ ОГНИ

Эти светильники более полно рассмотрены как сигнальные огни в другом разделе настоящего справочника. Главное, на что следует обратить внимание конструктора, это то обстоятельство, что навигационные огни могут вызвать сильную блескость и ухудшить условия видимости для пилота, если они установлены неправильно и должным образом не экранированы. Рекомендуется испытать размещение этих огней при различных условиях полета, включая туман, прежде чем окончательно зафиксировать места их установки (испытания должны проводиться, конечно, на земле).

ГАБАРИТНЫЕ ОГНИ

Основные требования к установке светильников габаритных сигнальных огней, предупреждающих столкновение, те же, что и для светильников навигационных огней. Мигающие или вращающиеся сигнальные системы воспринимаются хуже в облаках или в тумане. Обсуждался вопрос о возможности появления головокружения у пилотов, летящих ночью в тумане, при виде мерцающего отражения габаритных огней на облаках. Однако это предположение не получило экспериментального подтверждения.

ПОСАДОЧНЫЕ ОГНИ

Расположение и яркость посадочных огней зависят от целого ряда факторов. Очевидно, было бы желательно поставить для этой цели самые мощные светильники с хорошо управляемым световым потоком, соразмерным с шириной взлетно-посадочной полосы и скоростью посадки самолета. К сожалению, мы не располагаем данными для полного определения этих параметров.

Для обеспечения надежного и ровного освещения площади прямо перед самолетом пучки света должны перекрывать друг друга. Их направление должно регулироваться пилотом вручную (см. также стр. 2-139).

ОГНИ НАЗЕМНОГО ДВИЖЕНИЯ

Эти огни употребляются обычно в условиях, когда самолет движется намного медленнее, чем при посадке, поэтому их интенсивность не должна быть столь же высокой. Однако она должна быть достаточной для освещения поверхностей с малым коэффициентом отражения, таких, как щебеночное покрытие.

NataHaus

Арматура этой подсистемы может быть либо управляемой, либо поворачиваться вместе с носовым колесом. При размещении этих огней важно принимать во внимание возможность их случайного повреждения. Отскочивший камень или какие-нибудь осколки могут повредить светильник, если он расположен слишком низко на стойке колеса.

ВИДИМОСТЬ ОГНЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АТМОСФЕРНЫХ УСЛОВИЯХ

Соотношение между пороговой освещенностью, интенсивностью источника, оптической прозрачностью атмосферы и расстоянием максимальной видимости выражается следующей эмпирической формулой:

$$I = \frac{E_0 R^2}{T^R} \text{ свечей (закон Алларда),}$$

где E_0 — пороговая освещенность (в миле-свечах) для рассматриваемых условий;
R — расстояние видимости (в милях) *;
T — оптическая прозрачность атмосферы, выражаемая как относительное ухудшение видимости на 1 милю;
I — интенсивность источника (в свечах).

Оптическая прозрачность атмосферы связана с дневной видимостью объекта (оцениваемой субъективно) по формуле $T^d = 0{,}02$, где d — дневная видимость объекта (в милях), а T определяется, как выше. Используя это отношение, получаем формулу, выражающую закон Алларда в следующем виде:

$$I = \frac{E_0 R^2}{(0{,}02)^{R/d}} \text{ свечей.}$$

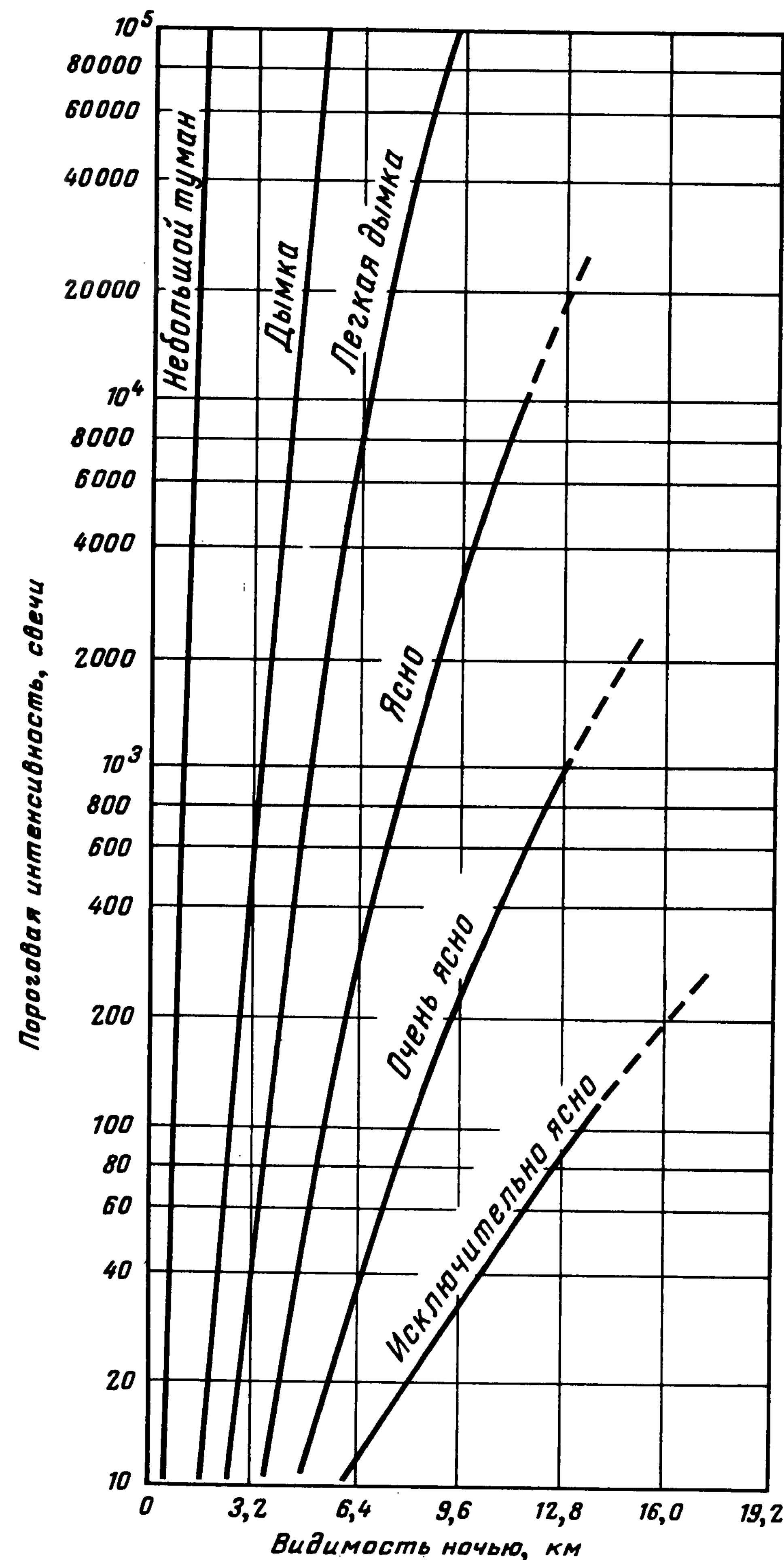
График, выражающий интенсивность света источника, создающего минимально необходимое для восприятия освещение, как функцию расстояния (R) и атмосферных условий, приведен на стр. 2-198. Приблизительное значение d (в милях) при различных условиях равно:

Исключительно ясно	>32
Очень ясно	12—32
Ясно	6—12
Легкая дымка	2,5—6
Дымка	1,3—2,5
Очень легкий туман	0,6—1,3
Небольшой туман	0,3—0,6
Умеренный туман	0,1—1,3
Густой туман	<0,1

При расчетах и построении кривых положено, что $E_0 = 0{,}5$ *миле-свечи* (0,8 *км-свечи*). Это является общепринятым практическим значением пороговой интенсивности света, воспринимаемого на фоне безлунного ночного неба, для глаза, адаптированного к темноте.

ПРИМЕЧАНИЕ. Принимается, что наблюдатель концентрирует свое внимание в направлении света.

* 1 миля = 1,609 *км*.— *Прим. ред.*



Наличие многих источников приводит к одновременному появлению яркостных контрастов разных уровней. Рекомендуемые величины контрастов приводятся в таблице справа:

МАКСИМАЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ЯРКОСТНОГО КОНТРАСТА

5 : 1	Между рабочим объектом и ближайшим окружающим его фоном
20 : 1	Между рабочим объектом и дальним фоном
7 : 1	Между приборами на одной панели
40 : 1	Между источниками света или небом и прилегающими к окну поверхностями
80 : 1	Максимальное отношение между непосредственной рабочей зоной и остальной средой

ОРГАНИЗАЦИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

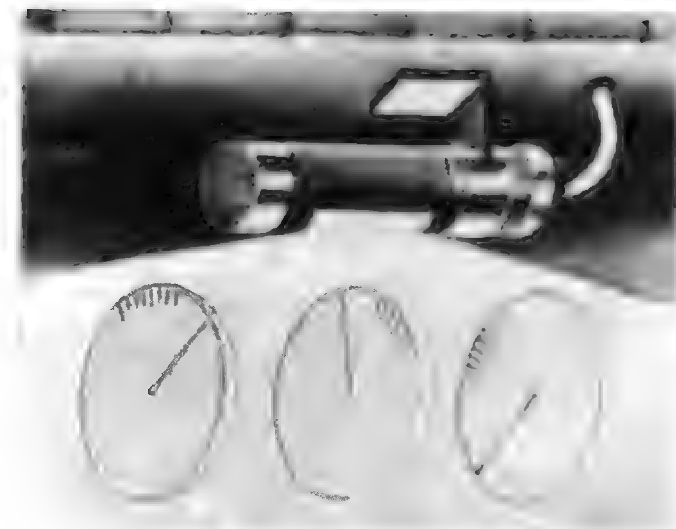
Некоторые условия работы требуют, чтобы зрение оператора было в высокой степени адаптировано к темноте и чтобы он в то же время мог без особых усилий следить за показаниями приборов на панели или пульте. Так, пилот должен считывать показания приборов, расположенных в кабине, а также пристально всматриваться в темное ночное небо, чтобы видеть слабо освещенные объекты, например другие самолеты или наземные знаки. К сожалению, даже при минимальном освещении приборов трудно обеспечить оптимальный уровень темновой адаптации зрения пилота. Вполне удовлетворительного результата можно достигнуть, применяя для освещения приборов красный свет соответствующей длины волны и очень малой интенсивности.

При выполнении некоторых других операций для обеспечения условий наблюдения бывает необходимо понижать интенсивность общего освещения, но высокий уровень темновой адаптации при этом необязателен. Например, специфика работы операторов сонарных или радарных установок требует довольно низкого уровня общей освещенности, чтобы хорошо была видна индикация на экране. Однако в том же помещении могут находиться другие люди, которые нуждаются в освещении, позволяющем писать, двигаться или осматривать оборудование. Следует учитывать, что для человека, наблюдающего за экраном электронно-лучевого индикатора, полная темнота не только не является необходимым условием работы, но даже нежелательна. В этом случае должно быть подобрано оптимальное затемнение помещения.

В условиях, когда необходимо СИЛЬНОЕ ЗАТЕМНЕНИЕ (кабина самолета, наблюдательный пункт в ночных условиях, рубка корабля и т. д.), используйте красное освещение с длиной волны около 600 *ммк*. Требованиям оптимальных условий освещения в подобных случаях наиболее отвечает свет лампы накаливания, пропущенный через фильтры, соответствующие Федеральному стандарту № 3 («Identification Red»).

УРОВНИ ОСВЕЩЕННОСТИ КРАСНЫМ СВЕТОМ ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ ТЕМНОВОЙ АДАПТАЦИИ [15]

Назначение помещения	Свет	Уровень освещенности, *лкс*
Помещения пунктов управления	Освещенность рабочей площади	0,1—4,0
	Освещенность черных и белых циферблатов, цифр, надписей	0,3—1,0
	Яркость лицевой части циферблата прибора	0,2—0,8
	Яркость индикаторных ламп при площади не более 6,5 *см*²	1,0—10
Кают-компания	Освещенность на уровне высоты стола	5,0—20
	Предельно допустимая яркость любого объекта в пределах зрительного поля	20



Для работы в условиях НЕПОЛНОГО ЗАТЕМНЕНИЯ (помещения для обслуживания радарных, сонарных и других подобных установок; башни управления воздушным движением) используйте красное освещение и (или) белое освещение очень низкого уровня. Верхний предел для общего освещения не должен превышать 20 *лкс*.

За последние годы в совершенствовании техники освещения и применении для этих целей новых материалов достигнуты значительные успехи, и в настоящее время работа в этой области продолжается. Поэтому предлагаемые ниже рекомендации следует считать относительными, соответствующими лишь моменту написания данного справочника.

ЗАЛИВАЮЩИЙ СВЕТ

Равномерное освещение панели может быть осуществлено с помощью так называемого «заливающего света» белого или красного цвета, который создается при помощи небольших светильников, располагаемых в верхней части панели на высоте около 200 *мм*. Оператор может при необходимости изменять цвет освещения от белого до красного, поворачивая корпус лампы с встроенными специальными светофильтрами. Эксперименты показали, что применение такого заливающего освещения вместе с индивидуальным освещением приборов в кабинах самолетов дает лучшие результаты, чем использование только одного из этих типов освещения.

Индивидуальное освещение каждого прибора может удовлетворительно осуществляться при помощи двух небольших лампочек, располагаемых за фальш-панелью, которая защищает глаза от яркого прямого света.

Индивидуальное освещение приборов с помощью малогабаритных светильников, устанавливаемых над ними, обеспечивает наиболее рациональное использование светового потока.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ. Заливающий свет дает тени, поэтому циферблаты приборов необходимо монтировать заподлицо с панелью. Ориентируйте источники света так, чтобы тени не мешали считывать показания других приборов; рассеивайте свет с помощью полупрозрачных или матовых светофильтров.

СВЕТОПРОВОДЫ

Светопроводы представляют собой тип непрямого освещения, при котором используется метод боковой или задней подсветки прозрачных, флуоресцирующих или слоистых пластмассовых материалов.

Такие прозрачные пластмассы, как плексиглас, обладают замечательными светопроводящими свойствами и могут с успехом применяться при решении проблем освещения приборов.

Знаки могут гравироваться на обратной стороне шкал, указателей или сигнальных табло, выполненных из прозрачного пластика, и ПОДСВЕЧИВАТЬСЯ СБОКУ. Необходимая для хорошей читаемости знаков высокая контрастность может быть обеспечена, если они воспринимаются на фоне черной панели. Подсветка может быть различного цвета, что достигается путем соответствующей окраски торцов пластика.

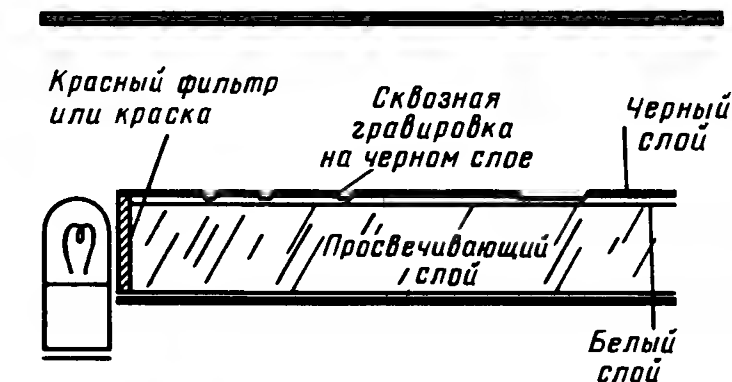
Для индикаторов, которые должны применяться в условиях сильного затемнения, очень удобно применять технику слоистых пластиков. При этом прозрачная пластмасса покрывается слоем белой полупрозрачной краски или хлорвиниловой пленкой, а поверх нее наносится покрытие в виде слоя непрозрачной черной краски или черной хлорвиниловой пленки, на которых гравируются знаки. При правильной гравировке и подсветке красным светом индикаторы этого типа могут применяться как в условиях дневного освещения (знаки будут восприниматься как белые на черном фоне), так и в ночных условиях (в этом случае знаки будут восприниматься как красные на черном фоне). Аналогичный эффект может быть достигнут и при применении специальных экранов.

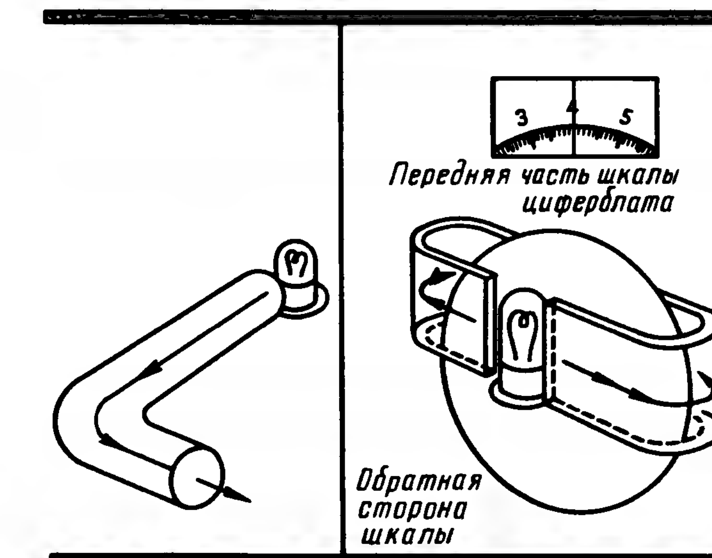
Световой луч можно пропускать и через изогнутый прозрачный пластик. Такой способ освещения применяется для подвода света к малогабаритным индикаторам или для освещения индикаторов с движущейся шкалой. Во втором случае одна и та же лампа освещает и полупрозрачный циферблат и нанесенные штрихи.

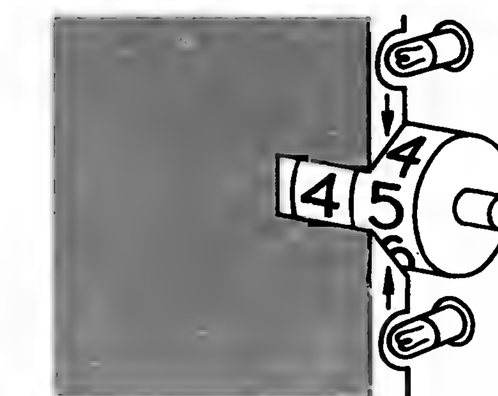
С помощью светопроводящего пластика можно также осуществлять освещение цифровых счетчиков. При этом края вырезов пластмассовой панели должны иметь матовую поверхность для рассеивания света.



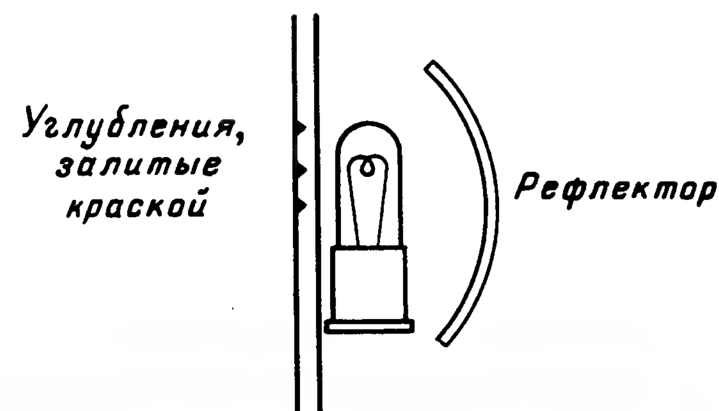




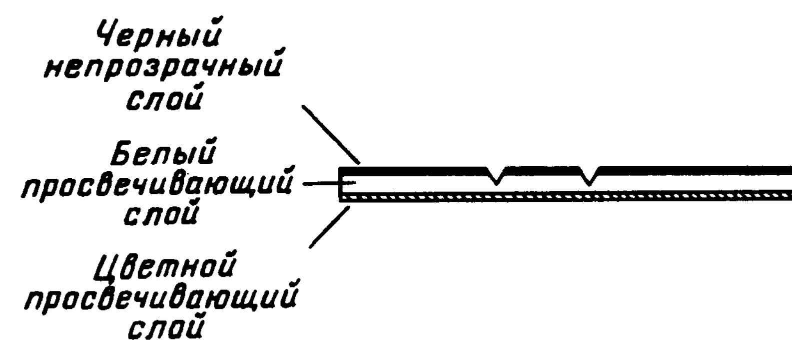




NataHaus



В различных индикационных устройствах применяются прозрачные окрашенные пластики, ПОДСВЕЧИВАЕМЫЕ СЗАДИ. При этом знаки следует гравировать снаружи и заливать краской темного цвета, лучше всего черной, обеспечивающей наибольшую четкость знаков. Для того чтобы достигнуть более равномерного освещения, следует помещать лампочку как можно ближе к поверхности пластика; хорошие результаты дает применение рефлекторов, устанавливаемых позади ламп. Поскольку яркость значительно снижается уже на небольшом расстоянии от источника света, такой способ освещения не рекомендуется употреблять для больших индикаторов. Более всего он подходит для подсветки небольших табло, содержащих минимальное количество знаков.



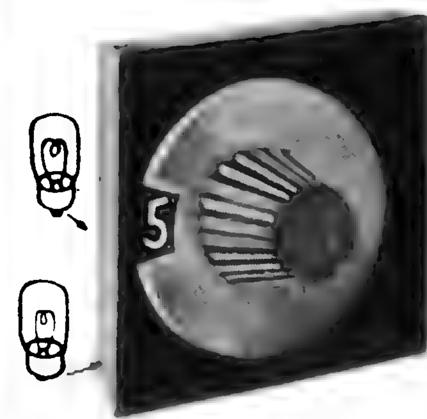
«Ламикоидные» (lamicoid) многослойные пластики сочетают в себе свойства прозрачных и непрозрачных материалов, и их иногда можно употреблять в многослойных табло. При этом, как правило, должна применяться задняя, а не боковая подсветка. Как и в ранее описанном варианте световых табло, подсвечиваемых сзади, здесь также важное значение имеет равномерность освещения. Такая система наиболее пригодна для индикаторов небольшой площади. Выгравированные знаки на табло воспринимаются как белые днем и как красные в ночное время.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ОСВЕЩЕНИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ НА ПАНЕЛЯХ



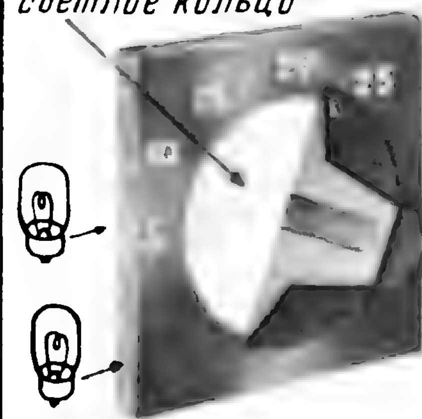
Заливающий свет для лимба органа управления

Вырез на лимбе с подсветкой цифры (сзади или сбоку)

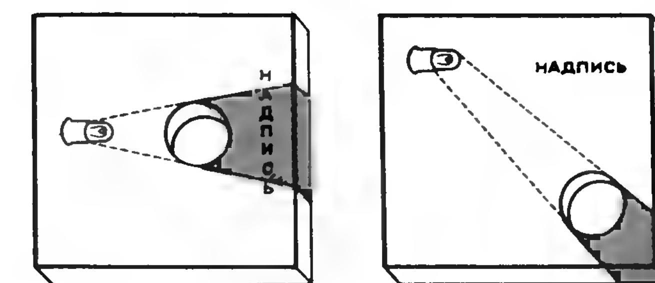


Подсветка (сзади или сбоку) панели и ручки

Просвечивающее светлое кольцо

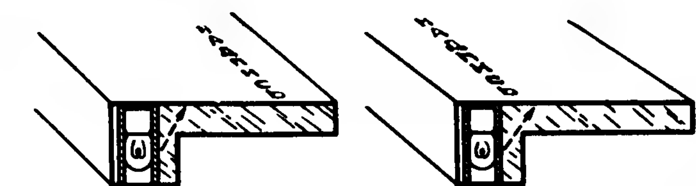


Отверстия и вырезы в светопроводящем материале должны быть сведены к минимуму и расположены так, чтобы надписи не попадали в тень, создаваемую такими отверстиями.



Плохо Хорошо

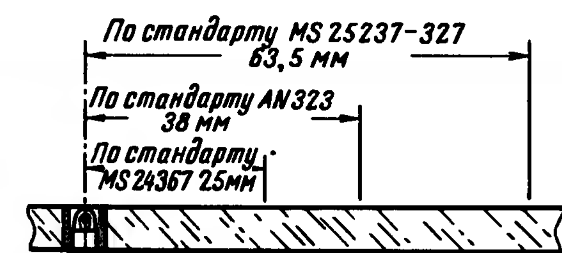
В тех частях светопроводящего материала, которые имеют малую толщину, источник света надо располагать как можно ближе к высвечиваемым обозначениям или же обозначения помещать как можно ближе к более толстым участкам. Яркость отдельных букв обратно пропорциональна расстоянию букв от источника света. Следует избегать слишком удаленного расположения отдельных букв относительно источника света.



25 A B $R_A = 8(R_B)$

19 25 A B $R_A = 1\frac{1}{3}(R_B)$

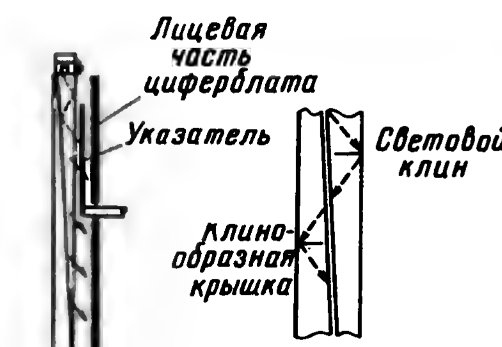
На рисунке справа приведены максимальные расстояния от высвечиваемых знаков до источника света в случае применения некоторых стандартных ламп с красными светофильтрами.



Эффективность типовых ламп (на 28 В)

В настоящее время выпускаются панели с электрическим монтажом двух видов: печатным и встроенным. Второй вид более надежен и предпочтителен на крупных панелях с большим числом ламп, потребляющих большую мощность. Имеются лампы, срок службы которых превышает 60 000 *час*.

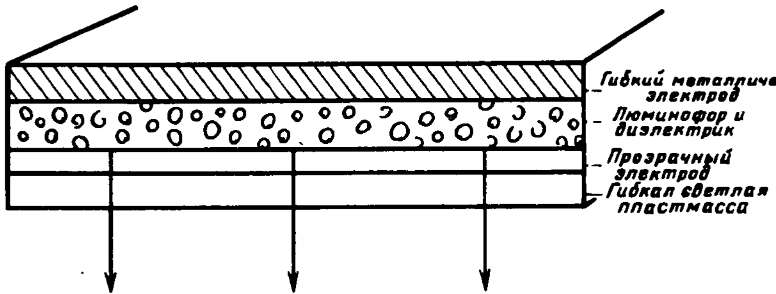
КЛИНООБРАЗНЫЕ СИСТЕМЫ можно применять для освещения лицевых частей приборов, в том числе шкал и указателей. Грани прозрачного клина расположены под углом 2° друг к другу. По мере прохождения луча вдоль клина углы отражения постепенно уменьшаются, пока не становятся меньше критического, после чего луч выходит из клина. Крышка в виде стеклянной пластинки обратной клиновидности снижает рассеяние света примерно на 50%.



Освещение прибора спереди

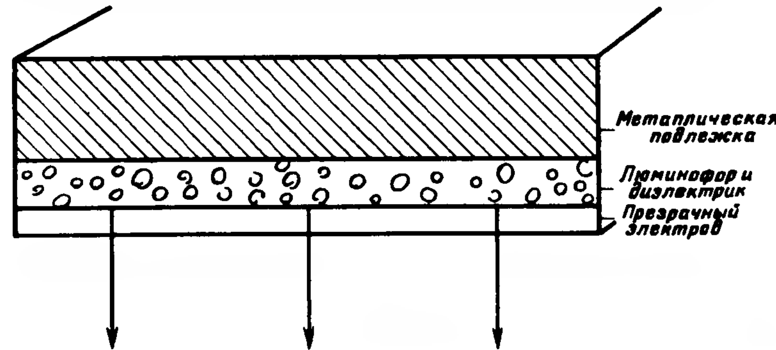
ПЛОСКОСТНЫЕ ИСТОЧНИКИ, получившие распространение в последнее время, позволяют улучшить равномерность освещения. Применяемые для этой цели электролюминесцентные элементы (светильники) по конструкции напоминают конденсатор. Помимо равномерной освещенности, важное их преимущество состоит в том, что они не могут сразу перегореть. Они представляют собой форму «холодного света» и основаны на возбуждении люминесцирующего вещества.

Имеются три основных типа электролюминесцентных светильников.



ГИБКИЙ СВЕТИЛЬНИК. Люминофор и слой органического диэлектрика наносятся на гибкую пластиковую подложку, предварительно покрытую прозрачным проводником. Вторым электродом, располагаемым с тыльной стороны светильника, является непрозрачная металлическая пластинка. Благодаря гибкости и тонкости таких электролюминесцентных светильников их особенно удобно монтировать на изогнутых поверхностях.





СВЕТИЛЬНИК С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОСНОВОЙ. В этой конструкции используется смесь стекловидного диэлектрика с люминофором, напыляемая на металлическую пластину. Фронтальная поверхность покрывается прозрачным проводящим слоем окиси олова. Металлическая пластина придает светильнику прочность, необходимую при обычных условиях его применения.

Металлический электрод
Люминофор и диэлектрик
Прозрачный электрод
Стекло

СВЕТИЛЬНИК СО СТЕКЛЯННОЙ ОСНОВОЙ. В этом случае основу светильника, служащую одновременно и прозрачным передним электродом, образует стекло, покрытое окисью олова. Диэлектрический слой люминофора наносится на проводящую поверхность и покрывается с другой стороны непрозрачным металлическим электродом. Как правило, такой тип светильников наиболее эффективен, обеспечивает наибольшую яркость и легко может быть приспособлен к приборным индикаторам. Однако каждый из упомянутых выше типов светильников имеет свои преимущества, поэтому нередко на одном индикаторе применяется сразу несколько типов люминесцентных светильников *.

* Информация на этой странице заимствована из данных фирмы Lear-Sigler Inc., Instrument Division, Grand Rapids, Michigan.

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСВЕЩЕНИЮ ПРИБОРОВ, КАБИН И ПУЛЬТОВ [16]

УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ	РЕКОМЕНДУЕМАЯ СИСТЕМА	ЯРКОСТЬ ЗНАКОВ, *футоламберты*	РЕГУЛИРОВКА ЯРКОСТИ
Освещение приборов при высоких требованиях к темновой адаптации	Красный заливающий свет, ненаправленное освещение или оба вида, включаемые по усмотрению оператора	0,02—0,1	Непрерывная
Освещение приборов при умеренных требованиях к темновой адаптации	Красный или белый холодный заливающий свет, ненаправленное освещение или оба вида, включаемые по усмотрению оператора	0,02—1,0	Непрерывная
Освещение приборов при отсутствии требования темновой адаптации	Белый заливающий свет	1—20	Может быть дискретной
Освещение пульта управления при наличии требования темновой адаптации	Боковая подсветка красным светом. Желательно дополнительное общее освещение белого или красного цвета, включаемое по усмотрению оператора	0,02—1,0	Непрерывная
Освещение пульта управления при отсутствии требования темновой адаптации	Белый заливающий свет	1—20	Может быть дискретной
Возможность ярких вспышек света	Белый заливающий свет	10—20	Дискретная
Очень большая высота, дневной свет ограничен конструкцией кабины	Белый заливающий свет	10—20	Дискретная
Чтение карты при требовании темновой адаптации	Заливающий свет, красный или белый по усмотрению оператора	0,1—1,0	Непрерывная
Чтение карты при отсутствии требования темновой адаптации	Белый заливающий свет	5 и более	Может быть дискретной

ОЧЕРТАНИЯ ЦИФР И БУКВ

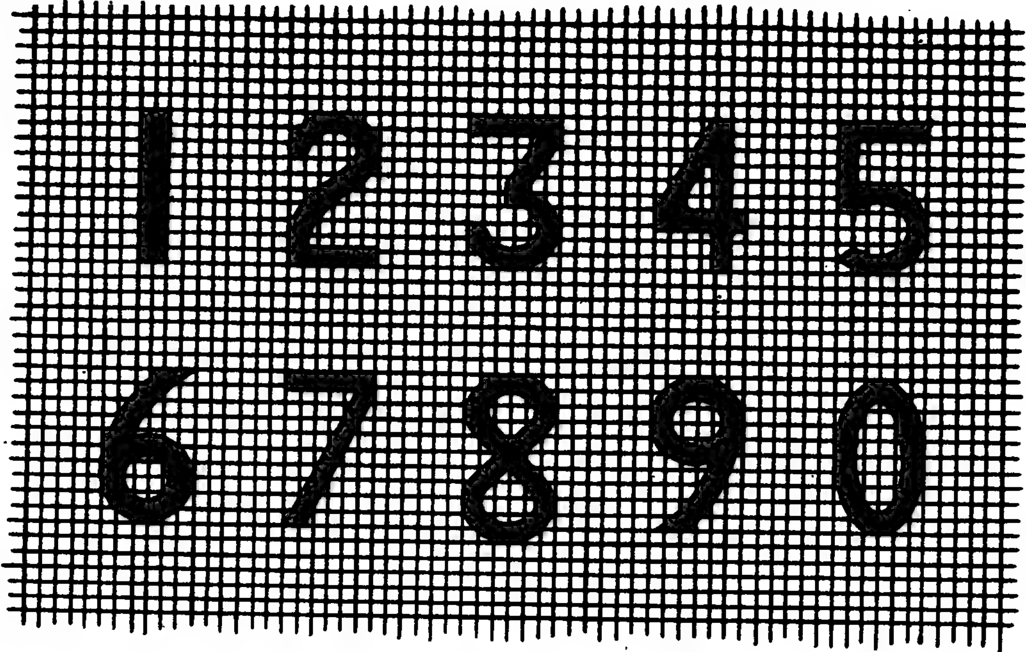
Создание индикаторов с применением светопроводящих материалов требует специального выбора отношений высоты буквы к ее ширине и ширины буквы к ширине штриха, отличающегося от рекомендаций, приведенных в других разделах настоящей книги. Особое внимание должно быть обращено также на гравировку букв в многослойных пластмассах, поскольку малейшее изменение глубины гравирования сильно меняет яркость излучаемого света. Следует предупредить конструкторов, что толщина листа имеющихся в продаже пластмасс существенно различна и обычные способы гравировки в некоторых случаях неприменимы. *Глубину гравировки следует измерять от верха темной поверхности.*

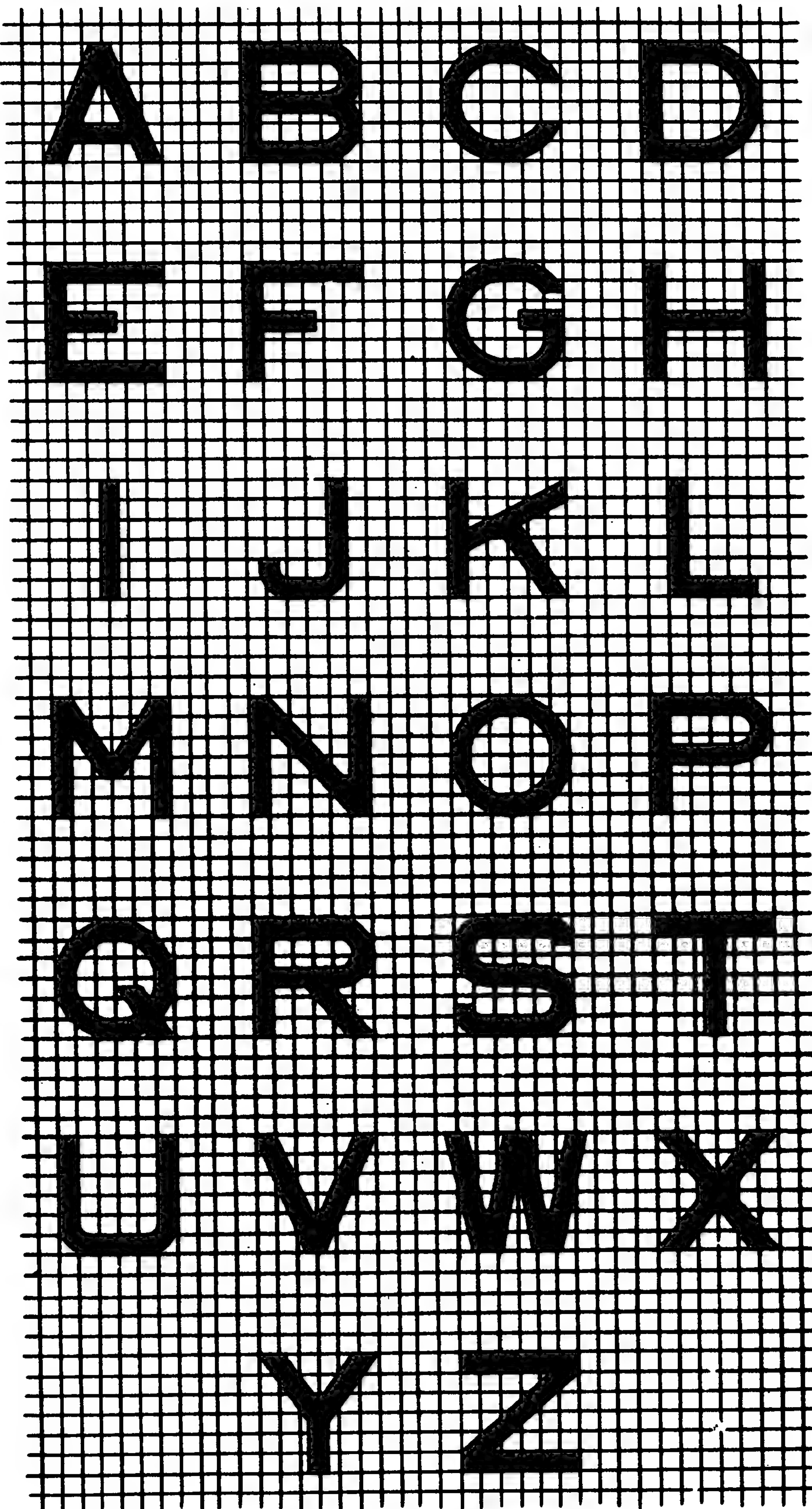
Все гравируемые буквы должны быть прописными, выдержанными примерно в стиле «Futura Demi-Bold» или «Groton Extended»*. Цифры должны быть в стиле «Futura Medium», «Tempo Bold» или «Groton Condensed»*. Ширина штриха и отношение высоты к ширине должны соответствовать приведенным ниже образцам шрифтов.

Если нет достаточно места для написания букв с отношением высоты к ширине 1 : 1, показанном на приведенных примерах, это отношение может быть изменено на 5 : 3.

---

* Соответствует отечественным гарнитурам шрифтов гротескового начертания.— *Прим. ред.*





применение цвета

В последнее время цвету уделяется значительное внимание при создании оптимальных условий труда и отдыха человека. Для инженеров и художников-конструкторов, учитывающих в своей работе требования инженерной психологии, особый интерес представляют следующие аспекты проблемы цвета: цвет как фактор безопасности, цвет как средство улучшения видимости, цвет как гигиенический фактор и цвет как фактор, влияющий на общее психическое состояние человека. Компания «Faber Birren» составила для Военно-морского ведомства США один из наиболее обстоятельных отчетов [16], содержащий рекомендации по использованию цвета в береговых сооружениях. Этот отчет можно рекомендовать также в качестве справочного руководства для всех промышленных предприятий (см. также [18], гл. 11).

В принципе выбор цветовой схемы для окраски зданий и оборудования должен основываться больше на функциональных, чем на эстетических соображениях. Однако в планировании цветовой схемы любого производственного помещения должны учитываться как физические, так и психологические факторы.

ЭКСТЕРЬЕРЫ

При выборе цвета для наружной окраски зданий и сооружений наиболее важными факторами являются характеристики отражения и поглощения света. В условиях теплого климата для отражения теплового излучения солнца важно выбирать светлые цвета. Противоположный эффект в условиях холодного климата достигается применением темных цветов.

Другим немаловажным фактором при выборе цвета окраски наружных стен зданий являются отражаемые от поверхности блики. Эта проблема становится особенно существенной, когда стены какого-либо здания отражают слепящий свет в обращенные к нему окна здания, расположенного напротив. Применение темных цветов уменьшает такую опасность.

С эстетической точки зрения рекомендуется, чтобы все здания одного промышленного или военного комплекса соответствовали единой цветовой схеме.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦВЕТА В ИНТЕРЬЕРАХ

Выбор цветовой схемы для интерьеров должен основываться на учете как физических, так и психологических факторов. Принципиальное физическое соображение состоит в создании условий для хорошего отражения общего освещения, что улучшает условия зрительного восприятия. Светлые оттенки всех цветов уменьшают поглощение света. Как правило, наибольшие коэффициенты отражения требуются для потолков и несколько меньшие — для стен и полов. Индивидуальное предпочтение,

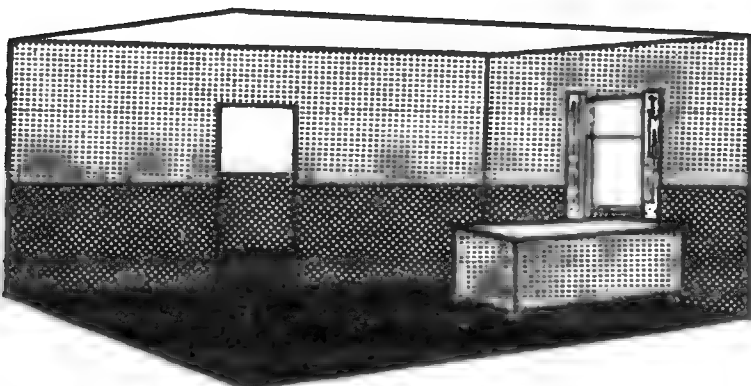
отдаваемое тем или иным цветам различными людьми, затрудняет установление так называемых «оптимальных» цветов. Однако меньше всего возражений возникает, если все цвета бледных, «пастельных» оттенков.

Рекомендуется использовать совместимые группы цветов, чтобы тот или иной цвет не казался неуместным, «выпирая» из общей цветовой схемы.

СОВМЕСТИМЫЕ ГРУППЫ ЦВЕТОВ

ПОТОЛОК	ВЕРХНЯЯ ЧАСТЬ СТЕНЫ	ПАНЕЛЬ СТЕНЫ	ПОЛ	ДРАПИРОВКА	МЕБЕЛЬ
Белый	Бледно-зеленый	Зеленый средней насыщенности	Зеленый средней насыщенности	Зеленый средней насыщенности	Зеленовато-серый или светло-коричневый
Бледно-желтый	Бледно-желтый	Рыжевато-коричневый	Коричневый средней насыщенности	Коричневый средней насыщенности	Светло-коричневый
Белый	Бледно-розовый	Розовый	Рыжевато-коричневый средней насыщенности	Рыжевато-коричневый средней насыщенности	Рыжеватый или светло-коричневый
Белый	Бледно-голубой	Серый средней насыщенности с голубым оттенком	Серый	Голубой средней насыщенности	Серый с голубым оттенком

ПРИМЕЧАНИЕ. Некоторые цвета из данной группы можно применять комбинированно. Однако, как правило, следует избегать следующих сочетаний: синий с зеленым, синий с желтым, красный с зеленым. Цвета светлых оттенков могут быть выбраны одинаковыми для потолка и стен (включая деревянную облицовку). Окраска потолка, стен и деревянной облицовки одним цветом создает иллюзию увеличения размеров помещения. Отделка натуральным деревом применима во всех приведенных выше сочетаниях, однако при условии, что она выдержана в светлых тонах. Можно совместно использовать варианты различных оттенков и тонов, но при условии предварительного испытания их на небольшом макете комнаты и оборудования (макетные испытания должны проводиться как при естественном, так и при соответствующем искусственном освещении).



КОЭФФИЦИЕНТЫ ОТРАЖЕНИЯ КРАСКИ, БУМАГИ И ДЕРЕВА

Цвет	Коэффициент отражения, %	Цвет	Коэффициент отражения, %
Белый	85		
Светлые тона:		Темные тона:	
кремовый	75		
серый	75	серый	30
желтый	75	красный	13
буроватый	70	коричневый	10
зеленый	65	синий	8
голубой	55	зеленый	7
Тона средней насыщенности:		Отделка деревом	
желтый	65	клен	42
буроватый	63	атласное дерево	34
серый	55	английский дуб	17
зеленый	52	орех	16
синий	35	красное дерево	12

Приведенная выше таблица содержит характеристики отражательной способности типовых красок, обоев и деревянной облицовки.

Для того чтобы сочетание цветов соответствовало целевому назначению помещения, его выбор должен быть психологически обоснован. Для комнат отдыха следует использовать цвета, располагающие человека к покою, такие, как зеленый, голубой, а также определенные оттенки коричневого. Для рабочих зон рекомендуются более насыщенные цвета, стимулирующие активность человека. Некоторые цвета сообщают помещению «теплоту», в то время как другие вызывают ощущение «холода». Красный, желтый и коричневый цвета считаются теплыми; синий и зеленый создают впечатление холода.

Темные или насыщенные цвета «выступают вперед», в то время как светлые цвета или малонасыщенные тона «отступают назад». Эту особенность следует использовать в помещениях, где трубы или другие части оборудования занимают часть помещения, делая его в субъективном восприятии меньшим, чем оно есть на самом деле. Эти выступающие части следует окрашивать в цвета, совпадающие с цветом потолка или стен — предпочтительнее использовать очень светлые тона, чтобы они в восприятии отодвигались к потолку или стене.

NataHaus

В таблице ФЕДЕРАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ЦВЕТА, приведенной справа, первая цифра номера указывает на глянцевость (1 — блестящий; 2 — полуматовый; 3 — матовый). Для вариантов данного цвета различной глянцевости последние четыре цифры будут одинаковы. Приведенные в списке номера соответствуют глянцевым вариантам. По федеральному стандарту № 595 те же цвета могут применяться в береговых сооружениях ВМФ также в полуматовом и матовом вариантах.

ФЕДЕРАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ ЦВЕТА (№ 595) [19]

Цвет	Номер цвета по федеральному стандарту США	Коэффициент отражения, %
Светло-зеленый	14516	55
Средне-зеленый	14277	25
Темно-зеленый	14158	14
Светло-желтый	13695	75
Средний рыжевато-коричневый	10219	21
Светлая слоновая кость	13711	75
Персиковый	12648	64
Терракотовый	10233	20
Перламутрово-серый	16492	46
Голубой	15526	50
Цвет загара	13613	60
Сине-зеленый	14159	15
Огненно-красный	11105	7
Ярко-желтый	13538	58
Ярко-оранжевый	12246	23
Ярко-зеленый	14260	26
Светло-синий	15177	19
Международный оранжевый	12197	15
Морской светло-серый	16251	28
Морской серый	16187	14
Морской темно-серый	16081	7
Светло-бурый	13578	55
Флотский зеленый	14052	4
Нейтральный зеленый	14077	7
Каштановый	10075	7
Пурпурный	17142	15

Понимание цветовых характеристик помогает правильному обращению с цветом.

ТОН — свойство, которым один цвет отличается от другого, например красный от желтого.

НАСЫЩЕННОСТЬ — свойство, указывающее силу, или интенсивность, цвета.

СВЕТЛОТА — степень светлоты или темноты цвета относительно бело-черной шкалы.



ЦВЕТ И ОСВЕЩЕНИЕ

Правильный выбор сочетания цветов может быть сделан только при учете действительных условий освещения. Так, цвета, подобранные при освещении лампой накаливания, окажутся иными при люминесцентном освещении.

ОБЩАЯ ОЦЕНКА ВОСПРИЯТИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЦВЕТОВ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ОСВЕЩЕНИИ [18]

ЦВЕТ	ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ					ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ
	ДНЕВНОГО СВЕТА	СТАНДАРТНЫЕ ХОЛОДНО-БЕЛЫЕ	ЛЮКС ХОЛОДНО-БЕЛЫЕ	СТАНДАРТНЫЕ ТЕПЛО БЕЛЫЕ	ЛЮКС ТЕПЛО-БЕЛЫЕ	
Каштановый	Тускло	Тускло	Тускло	Тускло	Удовлетворительно	Хорошо
Красный	Удовлетворительно	»	»	Удовлетворительно	Хорошо	»
Розовый	То же	Удовлетворительно	Удовлетворительно	То же	»	»
Рыжий	Тускло	То же	То же	» »	Удовлетворительно	»
Оранжевый	»	Тускло	» »	» »	То же	»
Коричневый	»	Удовлетворительно	Хорошо	Хорошо	» »	»
Рыжевато-коричневый	»	То же	»	»	» »	»
Золотисто-желтый	»	» »	Удовлетворительно	»	» »	»
Желтый	»	» »	Хорошо	»	Тускло	Удовлетворительно
Оливковый	Хорошо	» »	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Коричнево	Коричнево
Ликер «Шартрез»	»	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Желтовато	Желтовато
Темно-зеленый	»	»	»	Удовлетворительно	Тускло	Тускло
Светло-зеленый	»	»	»	То же	»	»
Переливчатый синий	»	»	Тускло	Тускло	»	»
Бирюзовый	»	Удовлетворительно	»	»	»	»
Королевский синий	»	То же	»	»	»	»
Голубой	»	Удовлетворительно	»	»	»	»
Пурпурный	»	То же	»	»	Хорошо	»
Бледнолиловый	»	Хорошо	»	»	»	»
Фуксиново-красный	»	»	Удовлетворительно	»	»	»
Серый	»	»	То же	Розовато	Розовато	»

КЛЮЧ:

«Хорошо» — цвет выглядит наиболее близко к тому, каков он при идеальном источнике белого света (рассеянный небом свет в северных широтах).

«Удовлетворительно» — цвет выглядит почти так же, как при идеальном источнике белого света, но менее ярко.

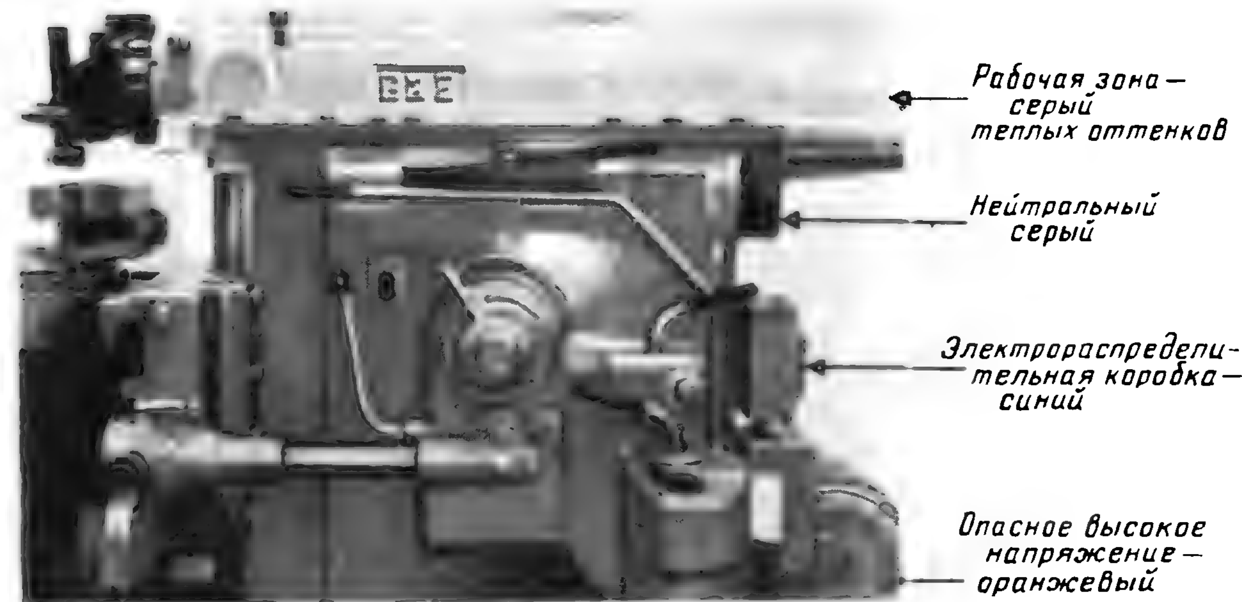
«Тускло» — цвет выглядит значительно менее ярким.

«Коричнево» — цвет кажется коричневым из-за некоторого количества синего света, излучаемого лампой.

«Желтовато» — цвет кажется желтоватым из-за некоторого количества синего света, излучаемого лампой.

«Розовато» — поверхность принимает розоватый оттенок из-за красного света, излучаемого лампой,

(См. также стр. 2-215.)



ОБОРУДОВАНИЕ

Поверхности корпуса машинного оборудования следует в основном окрашивать в нейтральные, успокаивающие глаз цвета, например в серый. Непосредственно рабочую зону желательно для лучшей видимости выделять малонасыщенным темно-желтым (буроватым) цветом. Горячие трубы, шланговые сочленения, паровые магистрали и т. п. следует окрашивать в красный цвет. Водоразборные краны должны быть желтыми с красными верхушками.

Внутрицеховые средства транспорта, такие, как погрузчики, краны, транспортеры, должны быть ярко-желтыми. Более крупные транспортные средства следует окрашивать немного темнее, снабжая их полосатыми (желтый с черным) бамперами. Желтый цвет принят также для некоторого вспомогательного оборудования, а желтый цвет оранжевого оттенка принят в США как национальный стандарт для окраски кузовов школьных автобусов.

Электрические органы управления и внешнюю поверхность распределительных коробок с рубильниками следует окрашивать в синий цвет, а дверцы коробок с внутренней стороны — в оранжевый с целью предупреждения об опасности. Расположение высоковольтных установок следует отмечать оранжевой краской.

Аптечки первой помощи, согласно американским стандартам, обозначаются зеленым крестом на белом фоне.



СТАНДАРТНЫЕ КОДИРУЮЩИЕ ЦВЕТА

На железных дорогах США принята следующая стандартная система знаков:

КРАСНЫЙ: опасность, стоп.

ПУРПУРНЫЙ: стоп.

ЖЕЛТЫЙ: продолжай движение с осторожностью.

СИНИЙ: осторожно, работают люди.

ЗЕЛЕНЫЙ: все спокойно, продолжай движение.

Американский Национальный совет по технике безопасности рекомендует следующие сигнальные цвета:

КРАСНЫЙ: противопожарное оборудование.

ЗЕЛЕНЫЙ: безопасные материалы, такие, как вода и соляной раствор. Для этих материалов приемлемы также серый, белый и черный цвета.

СИНИЙ: защитные материалы, такие, как средства от ядовитых газов.

ПУРПУРНЫЙ: ценные материалы, требующие бережливого расходования.

Опасные продукты, согласно требованиям Федеральной комиссии по торговле, должны при перевозке помечаться следующим образом:

КРАСНЫЕ буквы на БЕЛОМ фоне: яды, взрывчатые вещества, боевые отравляющие вещества и слезоточивый газ.

ЧЕРНЫЕ буквы на ЗЕЛЕНОМ фоне: газы под давлением.

ЧЕРНЫЕ буквы на КРАСНОМ фоне: легко воспламеняющиеся жидкости.

ЧЕРНЫЕ буквы на ЖЕЛТОМ фоне: легко воспламеняющиеся твердые вещества и окислители.

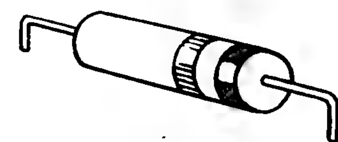
ЧЕРНЫЕ буквы на БЕЛОМ фоне: кислоты.

В ВВС и ракетных войсках США [20] приняты следующие стандартные цветовые обозначения для ТРУБОПРОВОДОВ и ВЕНТИЛЕЙ, устанавливаемых на военном оборудовании:

ТОПЛИВО: красный
РАКЕТНЫЙ ОКИСЛИТЕЛЬ: зеленый, серый
РАКЕТНОЕ ТОПЛИВО: красный, серый
ВПРЫСК ВОДЫ: красный, серо-красный
ИНЕРТНЫЕ ГАЗЫ: оранжевый, зеленый
СМАЗКА: желтый
ГИДРАВЛИКА: синий, желтый
ПНЕВМАТИКА: оранжевый, синий
ПРИБОРНЫЙ ВОЗДУХ: оранжевый, серый
ОХЛАДИТЕЛЬ: синий
КИСЛОРОД ДЛЯ ДЫХАНИЯ: зеленый
УСТАНОВКА ДЛЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА: коричневый, серый
ОДНОКОМПОНЕНТНОЕ МОТОРНОЕ ТОПЛИВО: желтый, оранжевый
ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА: коричневый
ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА: серый
РАКЕТНЫЙ КАТАЛИЗАТОР: желтый, зеленый
ГАЗ ПОД ДАВЛЕНИЕМ: оранжевый
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КАБЕЛИ: коричневый, оранжевый
ВСЕ ПРОЧЕЕ: белый

ВОСПРИЯТИЕ ЦВЕТОВ ПРИ ОСВЕЩЕНИИ ЦВЕТНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ СВЕТА

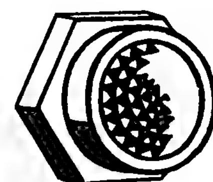
ЦВЕТ ОСВЕЩЕНИЯ	ЦВЕТ ОКРАСКИ	РЕЗУЛЬТИРУЮЩИЙ ТОН	СВЕТЛОТА	НАСЫЩЕННОСТЬ
Красный	Красный	Не изменяется	Увеличивается	Не изменяется
	Желтый	Желто-красный	»	» »
	Зеленый	Коричневато-серый	»	» »
	Синий	Красновато-серый	Уменьшается	» »
	Пурпурный	Желто-красный	Увеличивается	Возрастает
Желтый	Красный	Желто-красный	Увеличивается	Не изменяется
	Желтый	Желтый	Не изменяется	» »
	Зеленый	Желто-зеленый или зелено-желтый	» »	Уменьшается
	Синий	Серовато-желтый	Уменьшается	Возрастает
	Пурпурный	Коричневатый	»	Уменьшается
	Пурпурно-красный	Жженно-оранжевый	Увеличивается	»
Зеленый	Красный	Коричневато-серый	Уменьшается	Уменьшается
	Желтый	Лимонно-желтый	Увеличивается	»
	Зеленый	Зеленый	Не изменяется	Не изменяется
	Синий	Синевато-зеленый	» »	Уменьшается
	Пурпурный	Серовато-коричневый	» »	»
Синий	Красный	Красновато-пурпурный	Не изменяется	Уменьшается
	Желтый	Нейтрализуется	» »	»
	Зеленый	Сине-зеленый	» »	»
	Синий	Не изменяется	» »	Возрастает
	Пурпурный	Сероватый	Уменьшается	Уменьшается



Сопротивление



Ручки управления



Сигнальные лампы



ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА КОДИРУЮЩИХ ЦВЕТОВ

Главная задача при выборе цветов для целей кодирования состоит в обеспечении оптимальных условий их дифференцировки, т. е. таких условий, при которых каждый цвет легко узнается как отличный от любого другого применяемого цвета. Хотя мы выше привели несколько стандартных наборов цветов, конструктору, несомненно, потребуются и новые цветовые коды. При подборе новых систем кодирующих цветов важно помнить, что имеется только около семи четко распознаваемых цветов, и даже эти цвета можно спутать, если они недостаточно тщательно подобраны. Как правило, кодирующие цвета должны представлять собой чистые, не смешанные тона. Как показано выше, цвет освещения также влияет на выбор кодирующих цветов.

Рекомендуемый список цветов:

ЦВЕТА ПОВЕРХНОСТЕЙ *:

красный 11105
оранжевый 12246
желтый 13655
синий 10B 7/6
зеленый 5G 6.1/11
коричневый 1YR. 4.1/4
пурпурный 2715

ЦВЕТ ОСВЕЩЕНИЯ

красный
желтый
зеленый
синий

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ. Цвет окружающего фона также влияет на восприятие кодирующего цвета. По этой причине для непосредственного окружения сигнального цвета, который необходимо выделить, рекомендуется применять черный, белый или серый цвета.

Для аварийных трапов, одежды регулировщика движения, палубного офицера на авианосце и т. п., где требуется особая заметность, используйте яркие цвета. «Международный оранжевый» цвет (флуоресцирующий под действием солнечных лучей) лучше всего различим на расстоянии.

* Цвета поверхностей даны по Федеральным стандартам [19], за исключением синего, зеленого и коричневого, которые даны по системе Манзелла.
Относительно других стандартов см. «Safety Color Code», ASA Report № Z53.1.

Цветные СИГНАЛЬНЫЕ ОГНИ, которыми пользуются в ответственных ситуациях, могут оказаться неразличимыми для некоторых наблюдателей с недостатками цветового восприятия. В наиболее ответственных случаях рекомендуется использовать три цвета, хорошо различимых и людьми с недостатками цветного зрения. Эти три цвета следующие:

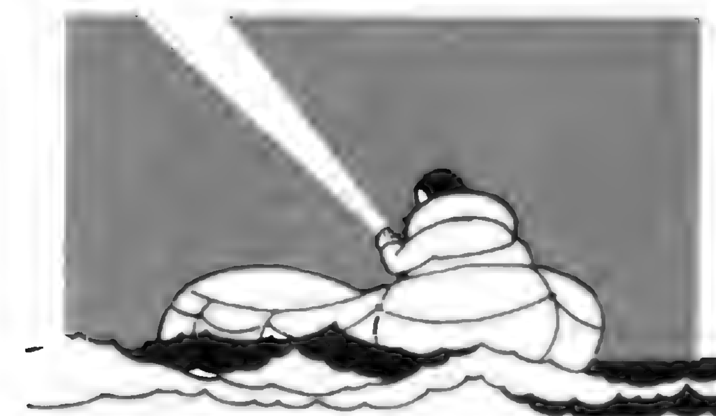
авиационный красный,

авиационный синий,

авиационный зеленый.

Они определены американской нормалью MIL-C-25050 (ASG) — «Цвета, авиационные огни и осветительное оборудование».

Не пытайтесь использовать вместе с этими цветами желтый или белый, потому что люди с недостатками цветного зрения путают красный с желтым, зеленый с белым и т. д.



АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ ЛОДКА — ЯРКО-ОРАНЖЕВОГО ЦВЕТА (ФЕДЕРАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ № 595 22246) [19].

При выборе цветов в случае неопределенного или многоцветного фона следует иметь в виду следующее (по Бейкеру [2]):

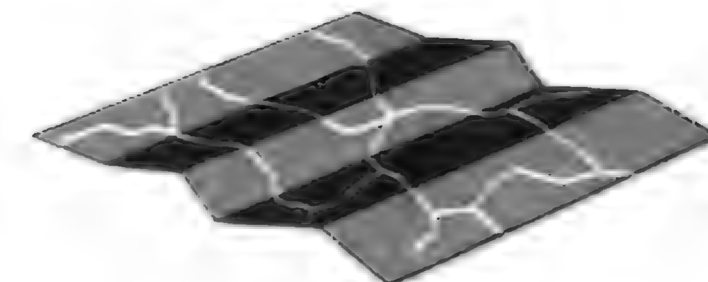
Выбирайте цвет, составляющий наибольший контраст со всеми цветами фона.

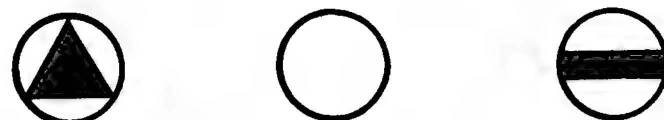
Выбирайте яркость, которая максимально отличается от фона (яркий сигнал на темном фоне и т. д.).

Используйте светящиеся краски. Они особенно заметны на темном фоне.

Пользуйтесь сплошным цветом, а не растром.

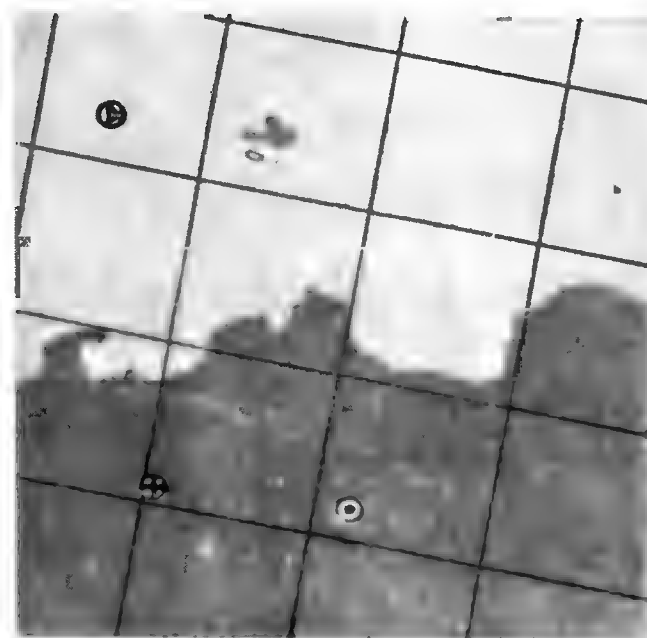
КАРТЫ И СХЕМЫ, которыми придется пользоваться при монохроматическом освещении, например в кабине самолета ночью или на борту корабля в условиях затемнения, следует приспосабливать к восприятию их при цветном освещении. При использовании красного света в затемненных условиях предлагается окрашивать основной фон карты или схемы в черный цвет, а для линий и знаков выбирать белый или какой-либо другой светлый цвет. Возможности кодирования цветом в этом случае очень ограничены, поэтому основное внимание следует уделять кодированию формой.



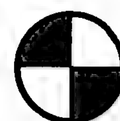


НАСТЕННЫЕ СХЕМЫ

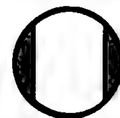
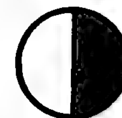
На воинских командных пунктах, в кабинетах администраторов и других помещениях нередко применяются большие темные схемы с цветными накладными значками. Главное требование, предъявляемое к таким схемам,— обеспечение четкой различимости дискретных ситуаций или информации о расположении объектов большим числом наблюдателей, находящихся на различных расстояниях от схемы. Подвижные значки, применяемые для этой цели, создают проблему видимости, поскольку они обычно малозаметны на общем фоне схемы. Различимость таких значков уменьшается при уменьшении угла зрения (при увеличении расстояния до рассматриваемого объекта и (или) уменьшении действительного размера объекта). Ниже приводятся рекомендации, направленные на снижение этого нежелательного явления.



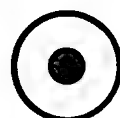
Цветные объекты воспринимаются лучше, если фон схемы имеет нейтральный оттенок серого цвета. Когда требуется два цвета для фона, как в случае, если на карте показаны море и суша, употребляйте светлый и темный оттенки серого цвета. Для этой цели вполне подходят оттенки серого цвета, обозначенные в системе Манзелла под номерами 4 и 6, в матовом исполнении. Более светлый цвет следует употреблять для наиболее значимой в данном случае части карты (море или суша).



На таком фоне хорошо заметны линии градусной сетки шириной 1,5 *мм*, нанесенные черной матовой краской. Они могут быть восприняты на расстоянии 15 *м* и более.


Для цветных условных обозначений объектов в этом случае лучше всего подходят флуоресцентные краски или флуоресцирующая бумага. На расстоянии до 6 *м* хорошо видны также круглые черно-белые знаки диаметром 10 *мм*. Некоторые образцы таких знаков показаны на рисунке слева.



Надписи на такой схеме должны быть белыми матовыми, чтобы они не мешали восприятию цветных условных обозначений. (Оптимальные размеры букв для надписей см. стр. 2-206.)



акустика и борьба с шумом

Меры по улучшению акустических характеристик любого помещения должны быть прежде всего направлены на подавление шума или звуков, присутствие которых нежелательно, а также на равномерное распределение звуковой энергии. Для защиты от шума высокой интенсивности следует принимать следующие меры (предпочтительно именно в том порядке, в каком они перечислены):

Воздействие на источник шума.

Создание преград между источником шума и людьми.

Обеспечение персонала средствами индивидуальной защиты от шума.

Изменение технологических процессов так, чтобы персонал меньше времени подвергался действию шума.

Организация медицинского наблюдения и частый осмотр с целью обнаружения признаков повреждения слуха.

На хорошо различимые, прерывистые или имеющие переменную интенсивность звуки воздействовать акустическими средствами легче, чем на звуки постоянные, близкие друг к другу по тембру и интенсивности. С помощью акустических экранов гораздо легче защититься от звуков высокой частоты, чем от низкочастотных звуков.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ УРОВНИ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗВУКА

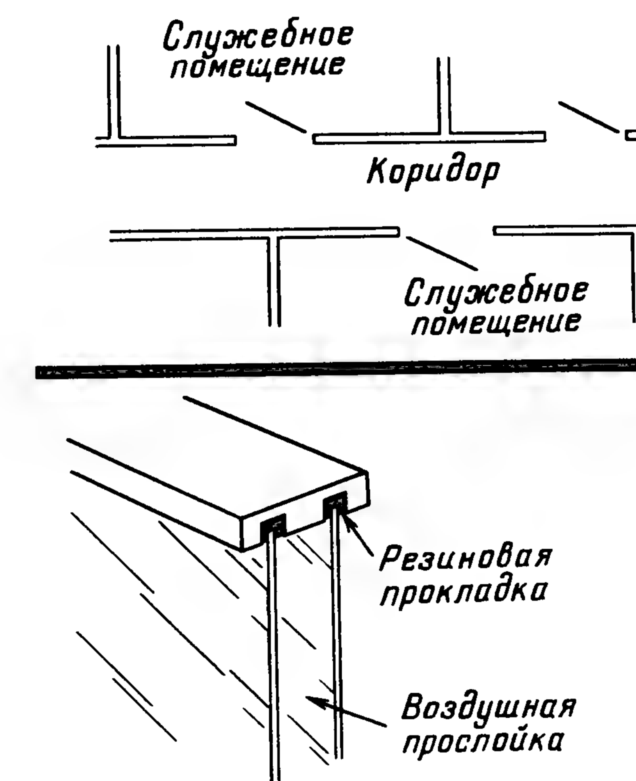
Справа приведены рекомендации по уровням интенсивности звуков для различных случаев. Уровни измеряются стандартным шумомером с 40 *дб* частотно-измерительной сеткой. (См. также гл. 4, посвященную слуху.)

ВИД ПОМЕЩЕНИЯ	УРОВЕНЬ, *дб*
Студия звукозаписи	25
Концертный зал	30
Больница	35
Аудитория	40
Классная комната	40
Контора	45
Банки, магазины	50
Рестораны	50
Промышленные предприятия	50—80

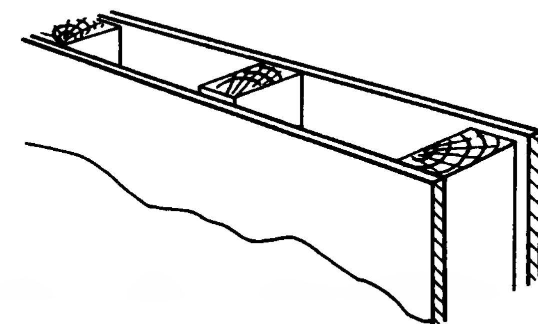
Полы из голых досок усиливают резкие звуки, особенно в длинных коридорах. В этом случае для покрытия полов следует применять прессованные опилки, асфальт, толстый линолеум, пробку с цементом и т. п. Хорошо поглощают звуки толстые ковры. Они могут с успехом использоваться там, где допустима соответствующая затрата средств.

Для защиты от шума ударов важно предотвратить передачу звука в рабочую зону, изменяя характеристики силы, действующей на звучащий материал.

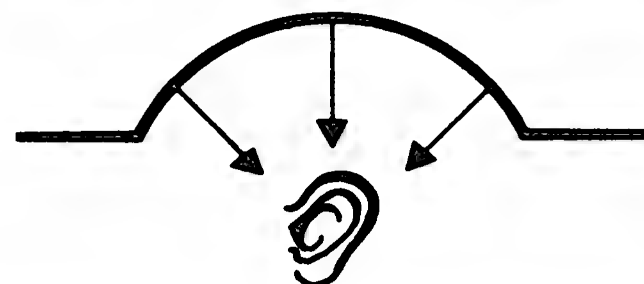
Двери, расположенные друг против друга, свободно проводят звук. Расположение дверей «в шахматном порядке» препятствует такой свободной передаче звука из одного помещения в другое. Окна могут быть сконструированы так, чтобы поглощать шум интенсивностью до 53 *дб*. Одиночная рама с 350-граммовым стеклом понижает шум на 28 *дб*; стекло толщиной 6 *мм* понижает шум на 35 *дб*; двойная рама из 350-граммового стекла с воздушной прослойкой толщиной 25 *мм* обеспечивает понижение шума на 42 *дб*, а при толщине воздушной прослойки 200 *мм* — на 53 *дб* [21].



ПОГЛОЩЕНИЕ ЗВУКА СТЕНАМИ

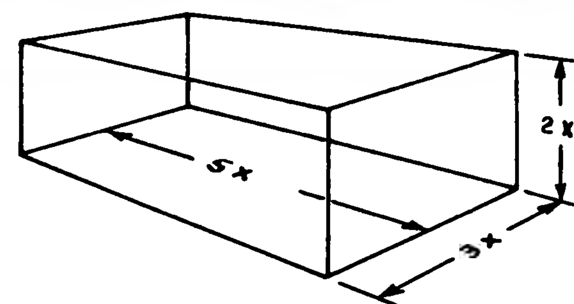


Штукатурка толщиной 12,5 *мм*, нанесенная на деревянную дранку, крепящуюся к стойкам сечением 50×100 *мм*, ослабляет шум на 42 *дб*.
Фанерная облицовка толщиной 10 *мм*, крепящаяся к стойкам сечением 50×100 *мм*, ослабляет шум на 31 *дб*.
Двойное стекло обеспечивает понижение уровня шума на 28 *дб*.



Стены и потолки можно делать так, что они будут поглощать от 5 до 10 *дб* звуковой энергии и разрушать реверберацию. Это достигается с помощью применения таких материалов, как перфорированный акустический кирпич, и (или) специальным изменением конструкции стен.

Следует избегать сводчатых потолков, особенно в малых помещениях. Такой потолок фокусирует звук на слушателя.

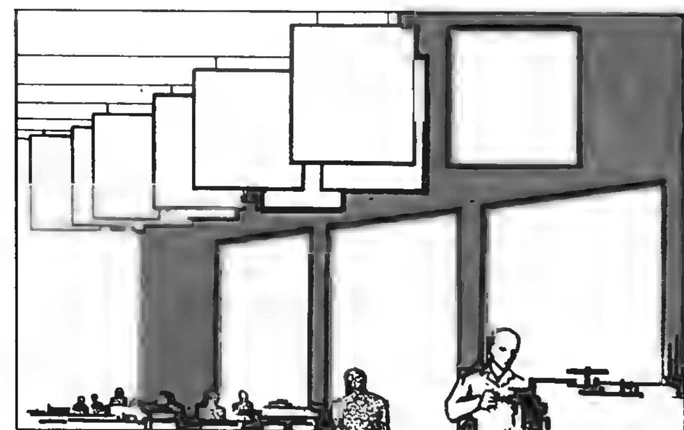


Узкие помещения, как правило, обладают лучшей акустикой. Рекомендуемое отношение ширины помещения к его длине 3 : 5.

Рекомендуемое отношение высоты потолка помещения к его ширине 2 : 3. Для очень больших помещений это отношение понижается.

Если требуется вентилятор, он должен быть сконструирован так, чтобы скорость движения внешнего края его лопасти не превышала 17 *м/сек*, а скорость движения воздуха была не более 500 *м/мин*. Корпус вентилятора должен быть плотно закреплен и амортизирован. Шумное машинное оборудование следует монтировать с амортизаторами и изолировать от помещений, где работники выполняют задания, требующие концентрации внимания.

В качестве временной меры по снижению реверберации в производственном помещении могут применяться глушители в виде панелей из звукопоглощающего материала. Вокруг особенно шумного оборудования можно также устанавливать переносные будки.



Плотные амортизирующие материалы оказались хорошим средством понижения характерной для самолета вибрации фюзеляжа. Применение этих материалов улучшает условия пребывания людей в самолете. Цель настоящего раздела состоит не столько в том, чтобы дать подробный анализ средств улучшения акустики, сколько в том, чтобы указать принципиальные пути решения различных проблем борьбы с шумом.



На примере автомобиля можно проиллюстрировать применение разнообразных акустических средств, предназначенных для понижения интенсивности шума до уровня, обеспечивающего достаточно комфортабельные условия для седоков.

1) Звукопоглощающая обивка под капотом не только поглощает шум двигателя, но и амортизирует вибрацию корпуса.

2) Внутренняя обивка эффективно поглощает шум, особенно если под обивкой расположены подушки.

3) Звукопоглощающий материал на потолке кузова амортизирует вибрацию крыши и поглощает шум.

4) Звукопоглощающим покрытием следует снабжать все большие металлические поверхности, такие, например, как крышка багажника.

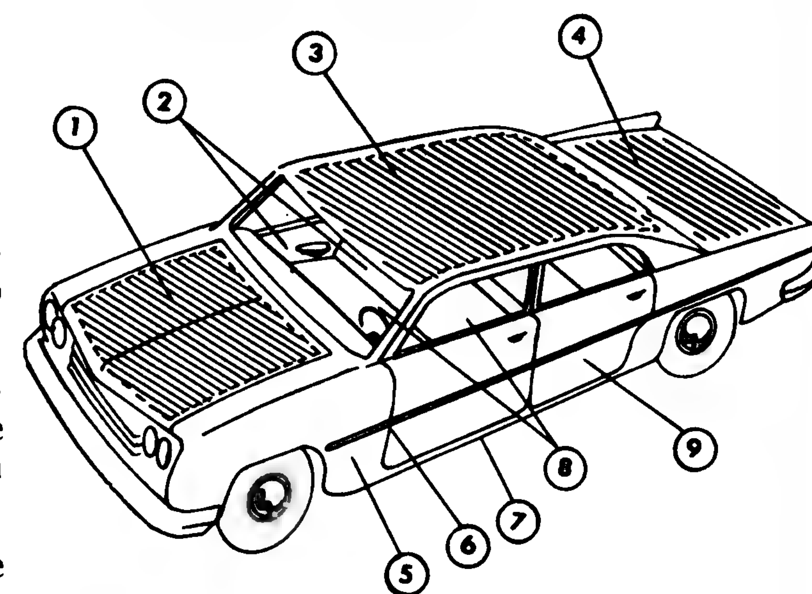
5) Плотные прокладки, расположенные на внутренней поверхности крыльев и т. п., обеспечивают хорошее глушение дорожного шума.

6) Резиновая прокладка на раме дверцы также является одной из мер понижения шума.

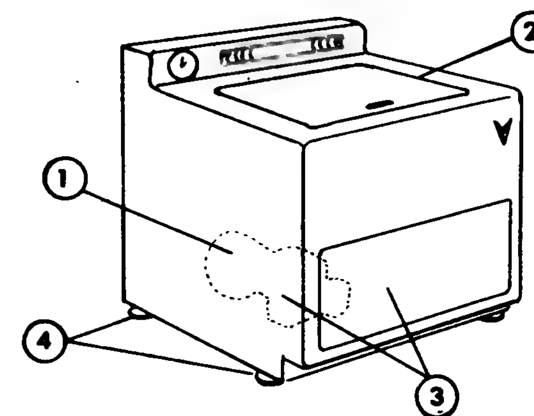
7) Амортизированная подвеска различных деталей устраняет дребезжание.

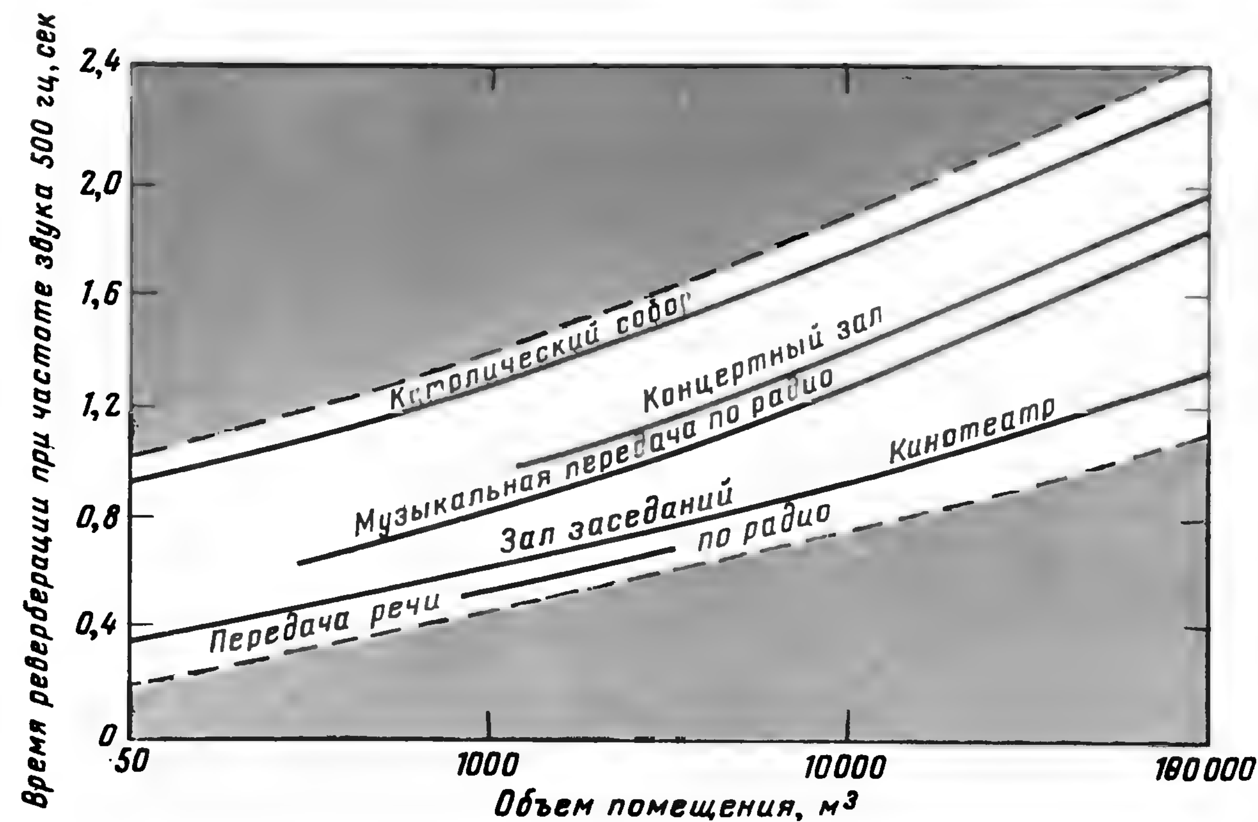
8) Плотная подгонка окон — также одно из средств снижения шума.

9) Важным средством борьбы с шумом является установка прокладок между панелями дверцы перед ее сборкой.

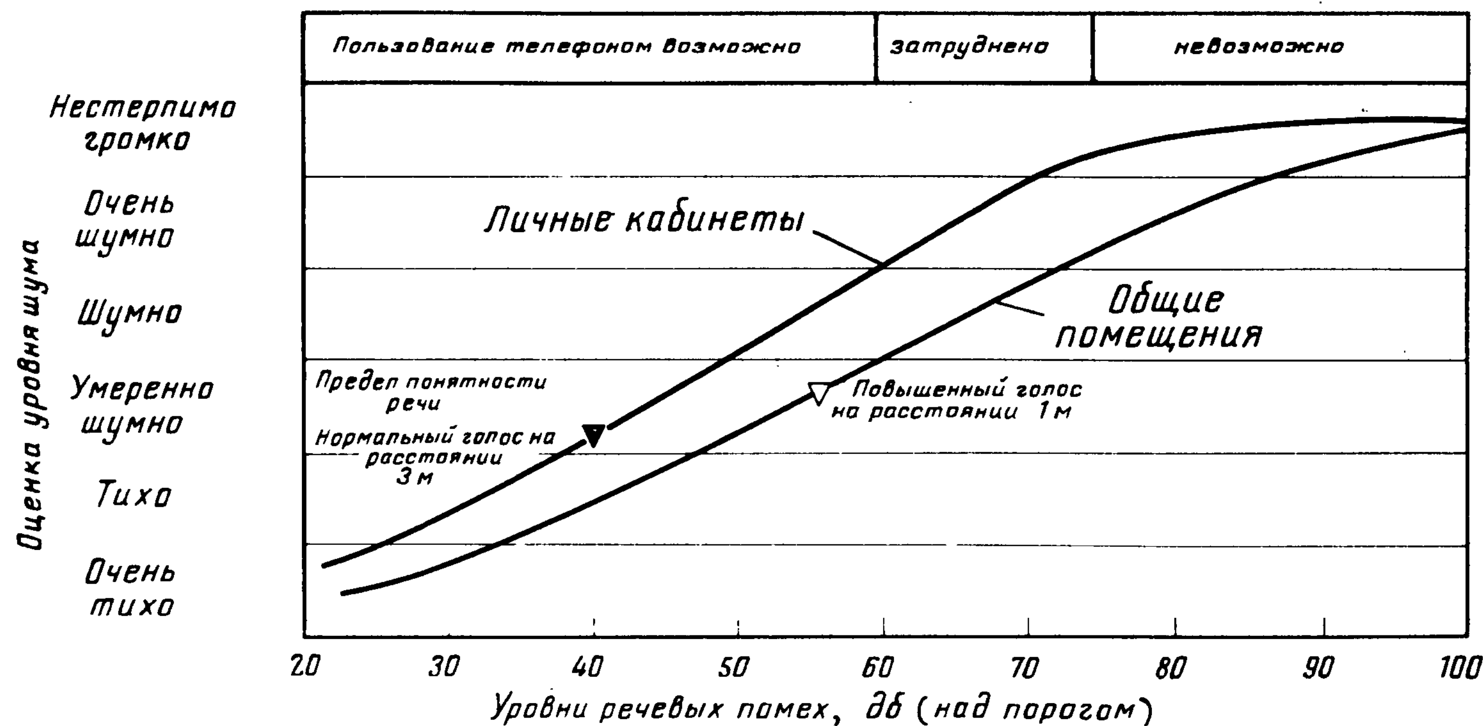


Способы борьбы с шумом принципиально одинаковы для большинства типов объектов и оборудования. Они сводятся к следующему: 1) изолируйте двигатель: 2) обеспечьте звукоизоляцию дверцы; 3) обеспечьте амортизацию стенок; 4) изолируйте оборудование относительно пола.



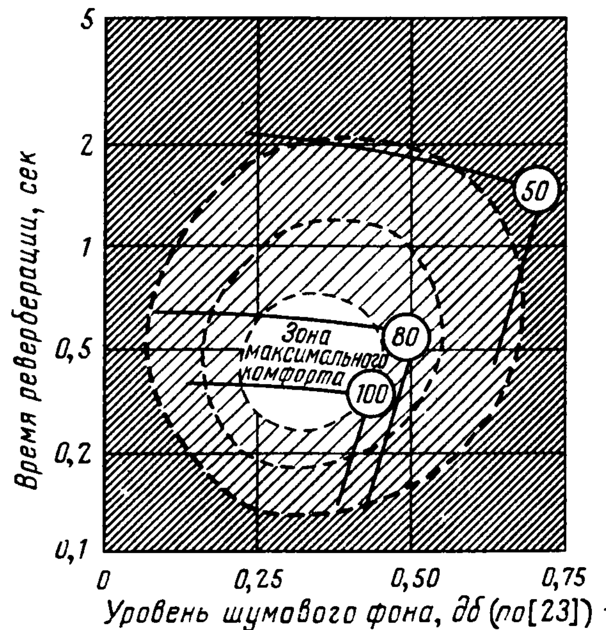


ОПТИМАЛЬНОЕ ВРЕМЯ РЕВЕРБЕРАЦИИ ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО ОБЪЕМА И НАЗНАЧЕНИЯ (по [22])



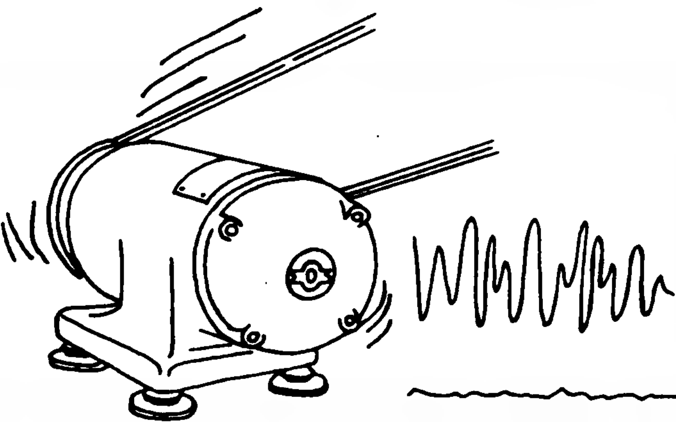
УРОВНИ РЕЧЕВЫХ ПОМЕХ в *дб* над 0,0002 *бар* (СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА УЧАСТКАХ 600—1200, 1200—1400, 2400—4800 *гц*) (по [22])

На графике справа показаны зоны относительного акустического комфорта в служебных помещениях. Внешняя зона соответствует неблагоприятным уровням шума. Внутренняя зона — это зона комфорта, обеспечивающего оптимальные условия с точки зрения легкости и разборчивости разговора. Цифры в кружках указывают процент звуков речи, которые будут правильно услышаны при нормальном разговоре.

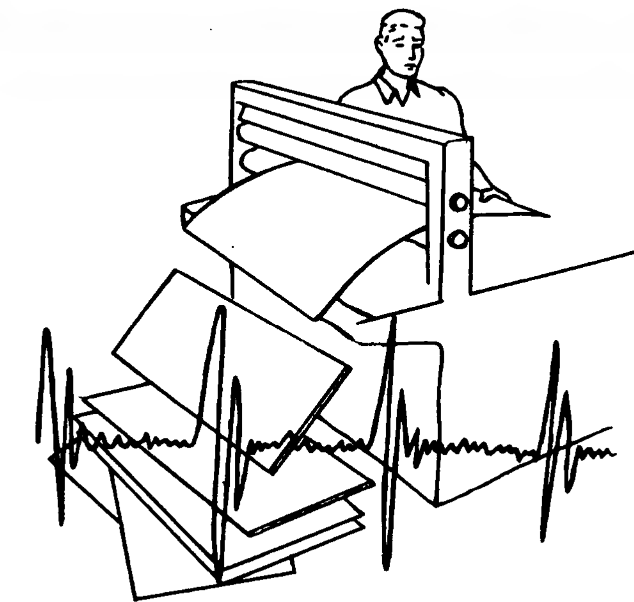


Снижение шума достигается следующими способами:

- правильной планировкой, направленной на изолирование источников звуков;
- установкой специальных средств, преграждающих путь звуку;
- изоляцией вибрирующих машин с помощью соответствующих звукопоглощающих приспособлений;
- использованием звукопоглощающих материалов.



Борьбу с шумом лучше всего начинать с источника шума. Выбор бесшумного оборудования и правильная его установка — это первый шаг. Двигатели, вибрирующие машины и вентиляторы являются типичными источниками вибраций и шума, которые гораздо легче побороть у самого источника, чем пытаться блокировать или поглотить шум в среде.



Машину, производящую шум, не всегда можно изолировать от зон, в которых требуется тишина. Очевидно также, что и человек, работающий на этой машине, нуждается в улучшении условий труда. Типичная задача борьбы с шумом, которая может быть частично решена простыми средствами, возникает при разрезании металлических листов, когда отрезанные части падают на пол. Если предусмотреть покатый спуск, покрытый резиновым матом, грохот значительно уменьшается, что в свою очередь снижает утомляемость рабочего.

Не следует думать, что люди «привыкают к шуму» и поэтому с ним нет необходимости бороться.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ШУМА НА БОРТУ КОРАБЛЯ

При конструировании всех помещений корабля необходимо учитывать максимально допустимый уровень шумов для каждого помещения.

Вахтенные помещения, где не требуется разговорное общение между людьми, должны отвечать требованиям, указанным в помещенной ниже таблице под рубрикой «повторное воздействие».

Для вахтенных помещений, где происходит минимальное речевое общение, можно предусматривать максимальные уровни шума, указанные в таблице под рубрикой «повторное воздействие», а также пределы помех речи, приведенные на стр. 2-225.

В помещениях, в которых между людьми должна поддерживаться непрерывная и непосредственная речевая связь или где посредством громкоговорителя могут передаваться сообщения, которые должны быть слышны всем находящимся в этом помещении, уровень помех не должен превышать 70 *дб*.

В малых помещениях объемом до 500 *м*³, в которых люди могут переговариваться, находясь в любых пунктах помещения, уровень помех не должен превышать 60 *дб*.

Для шумных спальных отделений предельные уровни шума следует выбирать в соответствии с графой «шумно» в помещенной ниже таблице.

В помещениях общего пользования, таких, как места приема пищи, уровень речевых помех должен быть ниже 60 *дб*.

Для особенно тихих помещений на корабле, например, таких, как судовой лазарет, допустимые уровни шума могут быть выбраны в соответствии с графой «тихо» (см. таблицу).

МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ ШУМА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНТРОЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ [24]

	УРОВЕНЬ ДОПУСТИМОГО ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ (*дб* над 0.0002 *мкбар*)			
	ОГЛУШАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ		КОМФОРТНЫЕ УСЛОВИЯ	
Интервалы частот, *гц*	случайное воздействие (1 час или меньше)	повторное воздействие (с периодом порядка месяца)	шумно (люди ожидают шума)	тихо (люди ожидают тишины)
38—75	125	115	100	80
75—150	120	110	95	70
150—300	120	110	90	60
300—600	120	105	85	55
600—1200	115	100	75	50
1200—2400	110	95	65	50
2400—4800	105	90	60	50
4800—9600	110	95	55	45

МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ РЕЧЕВЫХ ПОМЕХ

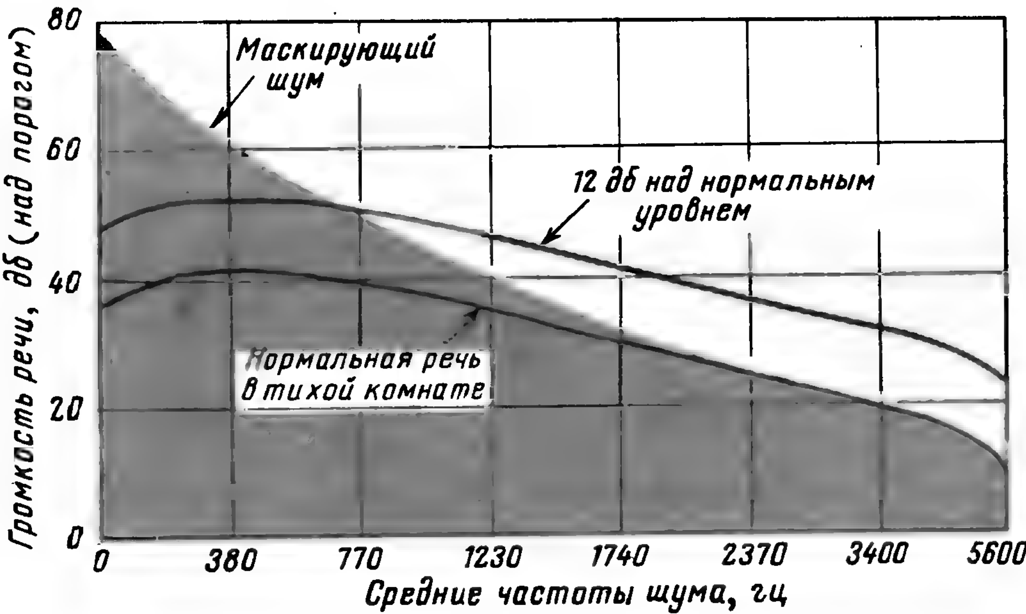
РАССТОЯНИЕ ДО ГОВОРЯЩЕГО, *м*	ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОМЕЩЕНИЯ, *сабины*	ДОПУСТИМЫЙ УРОВЕНЬ ПОМЕХ *дб*			
		крик	очень громкая речь	речь повышенным голосом	нормальная речь
0,15	Любое значение	90	84	78	72
0,3	» »	84	78	72	66
0,6	» »	78	72	66	60
1,2	Ниже 100	78	72	66	60
	Выше 100	72	66	60	54
2,4 и более	Ниже 100	78	72	66	60
	От 100 до 40	72	66	60	54
	От 400 до 1600	66	60	54	48

ПРИМЕЧАНИЕ. *Сабина* — единица измерения способности поверхности поглощать звук. Соответствует поглощению звука 1 кв. футом полностью поглощающей звук поверхности. Чем больше поглощающая способность помещения, тем меньше допустимые помехи речи, потому что часть звуковой энергии самой речи поглощается. Приведенная выше таблица действительна для мужского голоса; для женского голоса надо понизить показатели на 5 *дб*. Звуковая энергия речи на частотах ниже 200 и выше 7000 *гц* мало прибавляет к разборчивости речи.

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ШУМА, НЕ ВЫЗЫВАЮЩЕГО ПОВРЕЖДЕНИЙ СЛУХА, *дб*

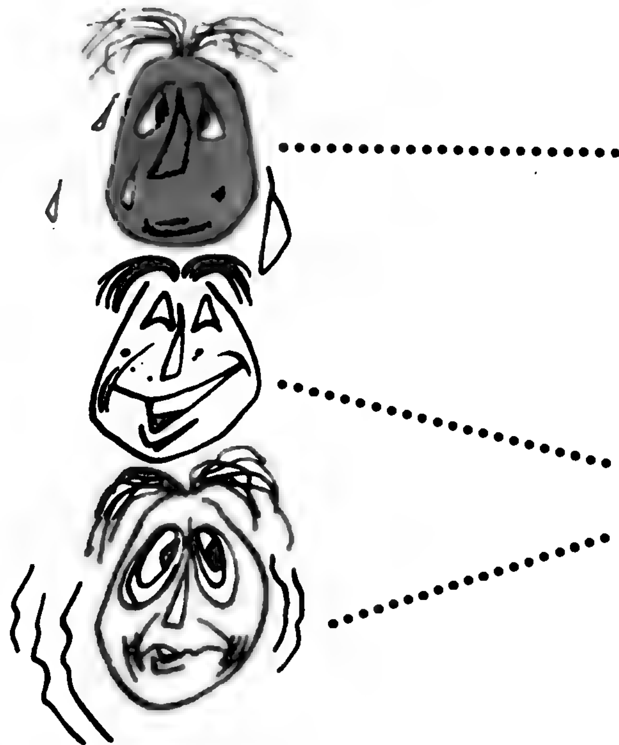
Время	С незащищенными ушами	С ушными пробками	С ушными пробками и предохранительными наушниками
8 *час*	100	112	120
1 *час*	108	120	128
5 *мин*	120	132	140
30 *сек*	130	142	150

В условиях шума речь понятна слушателям, если по крайней мере 40% *средней* громкости речи выше спектральной громкости шума. По этой причине нормальная громкость речи, необходимая для понимания ее слушателем на расстоянии 450 *мм* от говорящего в тихой комнате, должна при наличии шума, например в кабине самолета DC-3, быть увеличена примерно на 12 *дб* [25].



температура и вентиляция

Влияние температуры на работоспособность человека еще не полностью изучено. Однако доказано, что определенные экстремальные уровни температуры снижают работоспособность. Выполнение умеренно сложных операций, например таких, которые связаны с координацией движения рук или со зрительным вниманием, но не требуют физических усилий, возможно при довольно высоких температурах, вплоть до 30° С. Однако при возрастании сложности задания, особенно при необходимости физического или умственного напряжения, допустимый максимум температуры снижается.



50° С — терпимо в течение 1 часа; намного превышает уровень температуры, благоприятный для умственной и физической деятельности человека.

30° С — умственная деятельность ухудшается, замедляется реакция, появляются ошибки.

25° С — начинается физическое утомление.

18° С — оптимальные температурные условия.

11° С — минимально допустимый уровень температуры; начинается окоченение органов тела.

18—25° С — наиболее благоприятный интервал температур в летнее время.

17—22° С — наиболее благоприятный интервал температур в зимнее время.

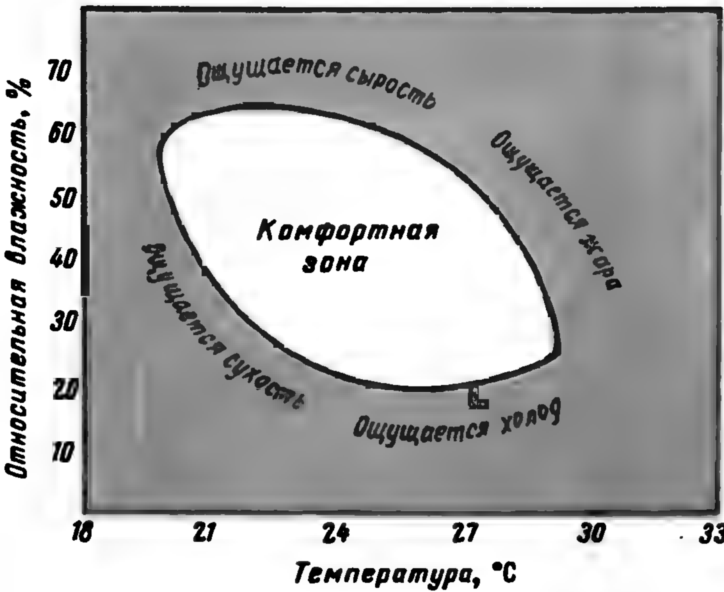
Нормальная влажность воздуха для большинства людей лежит в пределах от 30 до 70%.

НЕОБХОДИМАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

	Расход энергии человеком, *ккал/час*	Температура воздуха (°С), необходимая для нормального теплообмена (в соответствующей одежде) при указанной скорости движения воздуха [26]		
		6 *м/мин* (внутри помещения)	30 *м/мин*	55 *м/мин* (вне помещения)
Отдых	100	21	23	26
Умеренная активность	250	14	16	17
Весьма интенсивная деятельность	1000	—2	—1	2

СУБЪЕКТИВНЫЕ ОЩУЩЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ПОВЕРХНОСТИ КОЖИ, °С

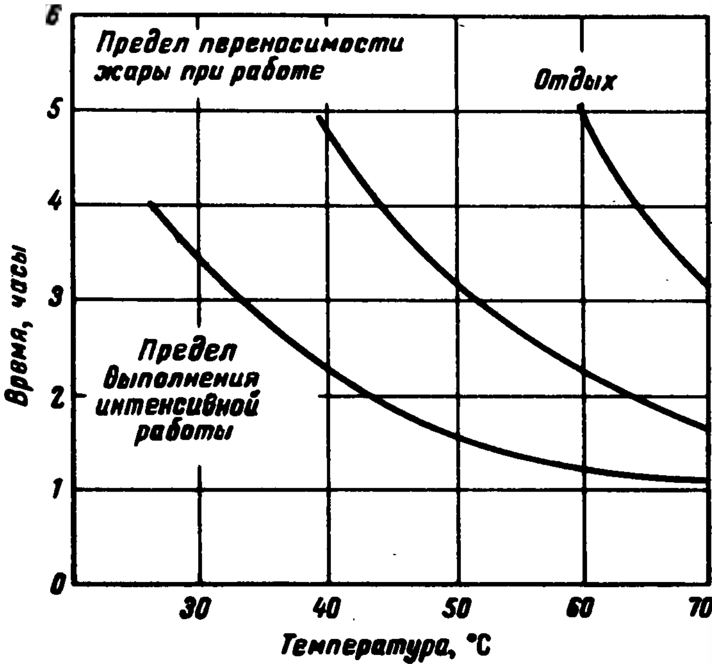
Очень жарко	37
Неприятно жарко	36
Жарковато	35
Нормально	34
Чуть прохладно	33
Холодновато	31
Неприятно холодно	30
Очень холодно	29



ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА, °С

	Руки	Ноги
Минимум комфорта	20	22
Терпимо	20—15	22—17
Мучительно	15—10	17—12
Окоченение	Ниже 10	Ниже 12

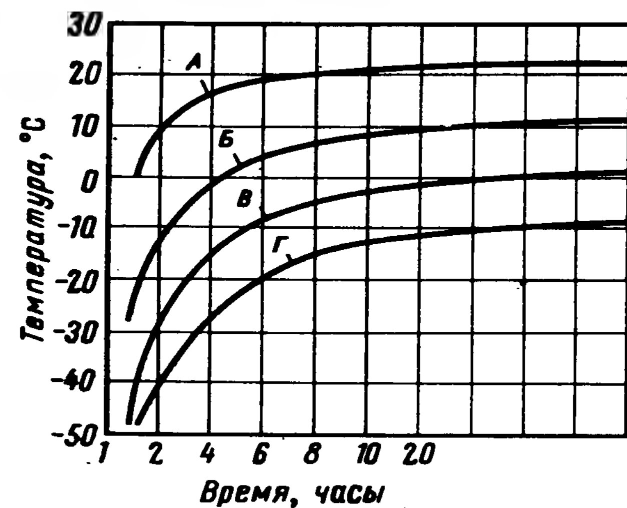
В общем случае необходимо стремиться к созданию температурных условий среды, которые лежат в пределах зоны комфорта, показанной на верхней схеме. Однако это не всегда возможно. Поэтому на следующей странице приводится несколько схем, показывающих, каких эффектов следует ожидать при воздействии на человека ненормальных температур. На графике справа проиллюстрирована способность человека переносить различные уровни теплового воздействия.



ПЕРЕНОСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ

Акклиматизация в течение разумного периода позволяет человеку переносить некоторые ненормальные температурные условия, особенно жару.

Для создания температурного комфорта лучше всего зарекомендовали себя отопительные системы, основанные на излучении тепловой энергии; они позволяют обогревать помещение без введения в него горячего воздуха, которое обычно вызывает ощущение «духоты».



СТОЙКОСТЬ ЧЕЛОВЕКА К ЧРЕЗМЕРНОМУ ХОЛОДУ

Продолжительность сопротивления человека холоду в различной одежде показана на графике слева. Испытуемые выполняли легкую работу сидя. Скорость воздуха составляла приблизительно 60 *м/мин*, барометрическое давление 1 *атм* (по данным справочника НАСА [27]).

А — легкая спецодежда (1 ед. тсо);
Б — спецодежда, куртка, шерстяное белье (2 ед. тсо);
В — летная одежда (средняя) (3 ед. тсо);
Г — летная одежда (тяжелая) (4 ед. тсо).

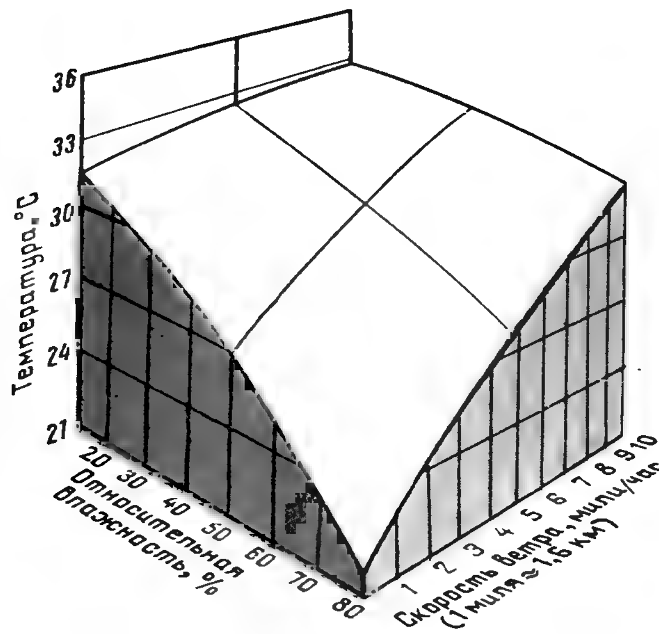
ПРИМЕЧАНИЕ. Ед. тсо* — единица теплового сопротивления одежды, т. е. тепловое сопротивление такой одежды, которая пропускает поток тепла, равный 1 *ккал/м²·час* при разности температур 0,18° С. 1 ед. тсо требуется для обеспечения комфортных условий человеку, сидящему в нормально вентилируемой комнате при 21° С с влажностью воздуха не более 50%.

СТОЙКОСТЬ К ХОЛОДНОЙ ВОДЕ

График слева показывает вероятное время сохранения жизни человека в холодной воде (без специальной одежды) в зависимости от температуры воды. Под термином «едва переносимо» понимается 50%-ная вероятность смертельного исхода.

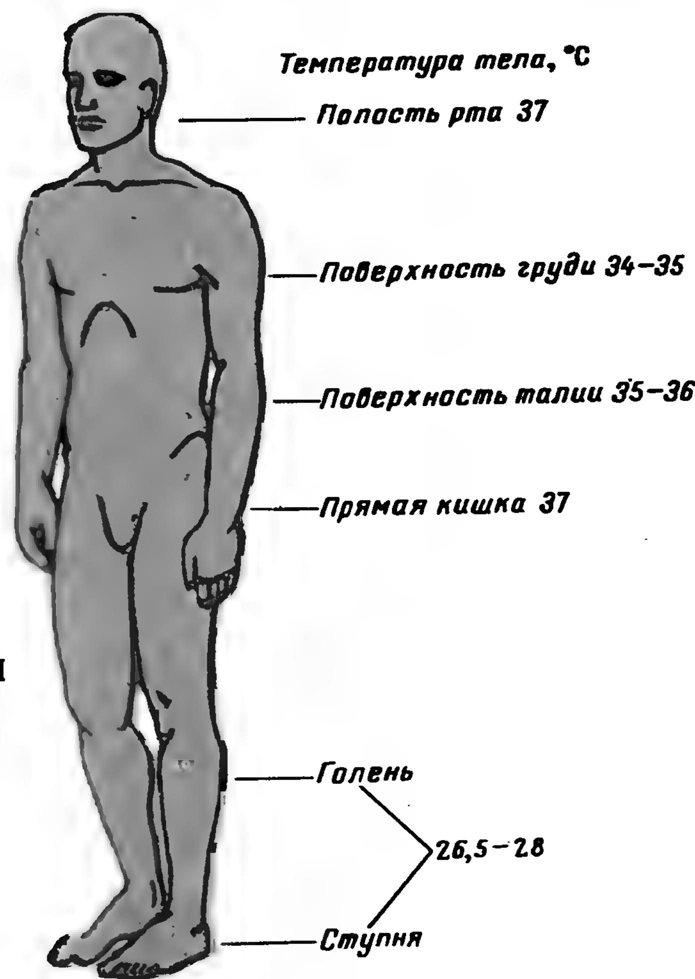
ТЕМПЕРАТУРА, ВЛАЖНОСТЬ И ДВИЖЕНИЕ ВОЗДУХА

Кривая поверхность, изображенная на схеме слева, представляет положение зоны комфорта как функции температуры, влажности и скорости движения воздуха. Она иллюстрирует, как изменениями одного из параметров можно достичь комфортного уровня. Например, при неподвижном воздухе комфортным условиям соответствуют температура 22° С и влажность 80%. Температура может подняться до 25° С при влажности 80%, если вызвано движение воздуха со скоростью 2 *мили/час* (53 *м/мин*). При этом человек чувствует себя хорошо.



* Английское обозначение: «clo» (первые буквы слова clothing — одежда). Русского эквивалента в литературе не найдено.— *Прим. ред.*

Нормальная температура неодинакова для разных частей тела. Это показано на рисунке справа. Когда температура воздуха падает ниже 17° С, начинается охлаждение тела. Потеря тепла происходит главным образом путем конвекции и излучения и лишь незначительно через испарение. При температуре выше 25° С тело в результате конвекции и излучения поглощает больше тепла, чем теряет, поэтому функции теплоотдачи полностью переходят к системе испарения. В зоне комфорта люди могут адаптироваться к изменениям любого из рассматриваемых факторов на 20%, а в условиях чрезвычайного холода — на 35%. Однако люди плохо приспосабливаются к чрезмерной жаре, поскольку при этом повышается генерация тепла в организме.



РЕКОМЕНДУЕМАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

(А) 0,3 *м³* свежего воздуха в 1 *мин* на 1 *м²* пола обычного рабочего помещения.

(Б) 0,5 *м³* свежего воздуха в 1 *мин* для тяжелой работы (исключая случаи, когда свободное пространство, приходящееся на одного рабочего, всего лишь порядка 0,1 *м³*; в этих случаях следует снизить приведенное число на 50%).

(В) 0,15 *м³* свежего воздуха на 1 *м²* пола конторского помещения.

Другие типовые помещения:
Универмаги, аудитории, библиотеки, классные комнаты, судебные помещения, спортивные залы вентилируются по норме (Б).
Музеи, вокзальные помещения вентилируются по норме (В).
Больницы следует вентилировать по норме (А).

Операционные, туалеты, лаборатории требуют повышенной интенсивности обмена воздуха: 0,6 *м³* на 1 *м²* площади.
Кухни — 1 *м³* на 1 *м²* площади.

НЕОБХОДИМАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ ВЕНТИЛЯЦИИ В РАСЧЕТЕ НА ОДНОГО ЧЕЛОВЕКА

Условия	Потребление кислорода человеком на уровне моря, *м³/мин*	Скорость вентиляции, необходимая для сохранения у человека концентрации CO_2 ниже 0,5%, *м³/мин*			
		уровень моря	1500 *м*	3000 *м*	5000 *м*
Отдых	0,00024	0,04	0,045	0,05	0,06
Умеренная нагрузка	0,00084	0,12	0,14	0,2	0,21
Высокая нагрузка	0,0017	0,27	0,3	0,36	0,44

ОДЕЖДА С ВЕНТИЛЯЦИЕЙ

При полетах на скоростных самолетах, в космических кораблях и в других случаях иногда требуется специальная одежда для защиты человека от мощного потока тепла, выделяемого транспортным средством. Одежда с вентиляцией должна конструироваться так, чтобы обеспечивалось равномерное распределение воздуха по всей поверхности тела, что позволит поту равномерно испаряться со всей поверхности. Вентилируемый воздух должен быть сухим (парциальное давление водяного пара от 5 до 7 *мм рт. ст.*), его температура должна поддерживаться в пределах 17—28° С.

ДЫХАНИЕ

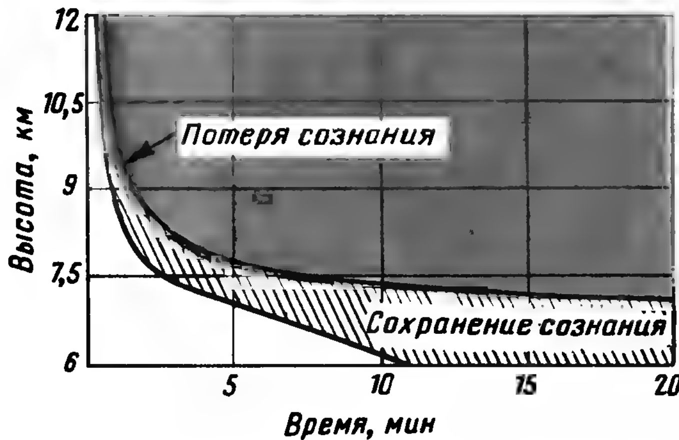
Частота нормального дыхания взрослого человека равна 14—20 вдохам и выдохам в минуту. Если мы за среднюю примем частоту 16 вдохо-выдохов в минуту, то количество воздуха, потребного для нормального дыхания, составит примерно 8 *л/мин*. На уровне моря содержание кислорода в воздухе составляет около 21%. На высоте 4500 *м* оно снижается приблизительно до 12%. Содержание CO_2 в изолированном воздушном пространстве, в котором находятся люди, не должно быть выше 0,5%. Повышение концентрации CO_2 во вдыхаемом воздухе до 1—2% субъективно не ощущается, но оно может снизить эффективность труда человека. Когда концентрация углекислого газа возрастает до 3%, человек ощущает легкое затруднение дыхания; при содержании CO_2 от 5 до 10% человек дышит тяжело и учащенно. Длительное пребывание в атмосфере, содержащей более 10% CO_2, смертельно.

На самолетах, предназначенных для продолжительных высотных полетов, делаются герметические кабины, в которых искусственно поддерживается нормальное давление. Известно, что люди за определенный период времени привыкают к разреженной атмосфере высокогорных районов. Однако обычный пассажир или член экипажа самолета, летящего на очень большой высоте, не может обойтись без добавления кислорода в окружающую среду. Таблица, приведенная на следующей странице, показывает, как человек переносит различную высоту.

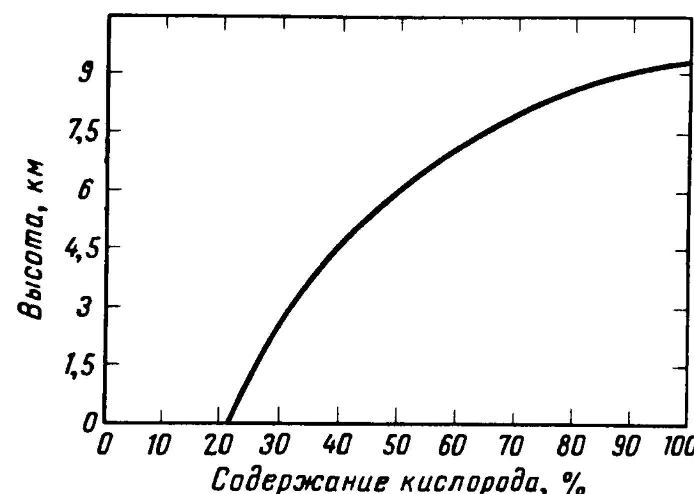
ПОТРЕБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В КИСЛОРОДЕ И ПРЕДЕЛЫ ЕГО ТРУДОСПОСОБНОСТИ НА РАЗЛИЧНЫХ ВЫСОТАХ

ВЫСОТА, *км*	ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КИСЛОРОДНОЙ СИСТЕМЫ
1,5	Максимальная высота для нормального зрения ночью без добавления кислорода
2,4	При выполнении обычных двигательных операций следует использовать кислород
3,0	Максимальная высота для полета без постоянного снабжения кислородом
5,4	Максимальная высота на случай аварии без употребления кислорода
6,0	Кабины должны быть под давлением
7,5	Человек может сохранять сознание без использования кислорода приблизительно в течение 116 *сек*
9,0	Для снабжения кислородом необходимо избыточное давление
10,0	Максимальная высота для индивидуальной кислородной системы
12,0	Человек может сохранять сознание без использования кислорода приблизительно в течение 23 *сек*
13,5	Для регулярных полетов требуются скафандры с избыточным давлением
15,0	Максимальная высота для использования кислородной маски в аварийных случаях

На графике показана продолжительность сохранения сознания при внезапном отключении подачи кислорода на различных высотах.



NataHaus



На графике слева показано процентное содержание кислорода во вдыхаемом воздухе, необходимое на различных высотах для поддержания нормального давления кислорода в легких — 28 *мм рт. ст.*

С началом космических полетов человека потребовались герметически закупоренные кабины, в которых обеспечивалась бы «земная среда» для космического экипажа. В таких кабинах не допускается какая-либо утечка атмосферных газов при перепаде давления, равном 0,94 *атм*. В первых космических кораблях использовалось пониженное давление с обогащением среды кислородом, однако при этом возникали определенные опасности, особенно угроза пожара. Поэтому рекомендуются условия, аналогичные земным на уровне моря:



общее атмосферное давление 1 *ата* (±0,15 *ата*);

концентрация кислорода 30% (±10%);

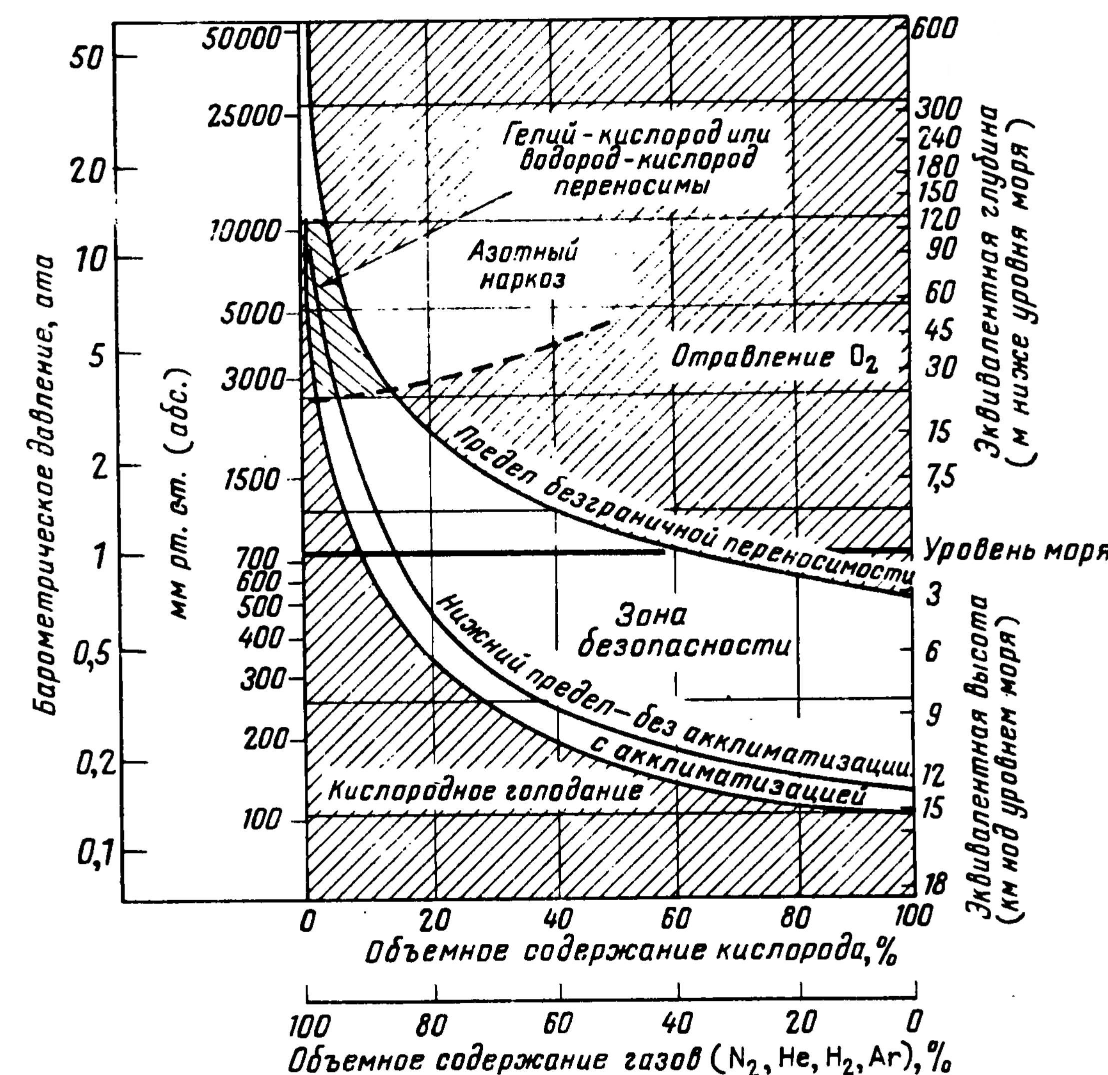
концентрация азота 70% (±10%);

концентрация углекислого газа 0,03%;

концентрация ядовитых дымов и газов должна быть ниже пределов обнаружения;

относительная влажность 35% (±10%);

температура 21°С (±5°С).



Величина допустимого барометрического давления выше и ниже 1 *атм* (давления на уровне моря, равного 760 *мм рт. ст.*), безопасного для человека в условиях обогащения или обеднения воздуха кислородом, может быть найдена из помещенного выше графика. Приблизительно при 3 *атм* обычный воздух с 20%-ным содержанием O_2 становится опасным из-за угрозы кислородного отравления. При давлении ниже 1 *атм* необходимо обогащение кислородом, чтобы предотвратить кислородное голодание. Степень обогащения следует снижать по мере акклиматизации человека к низкому парциальному давлению кислорода [27].

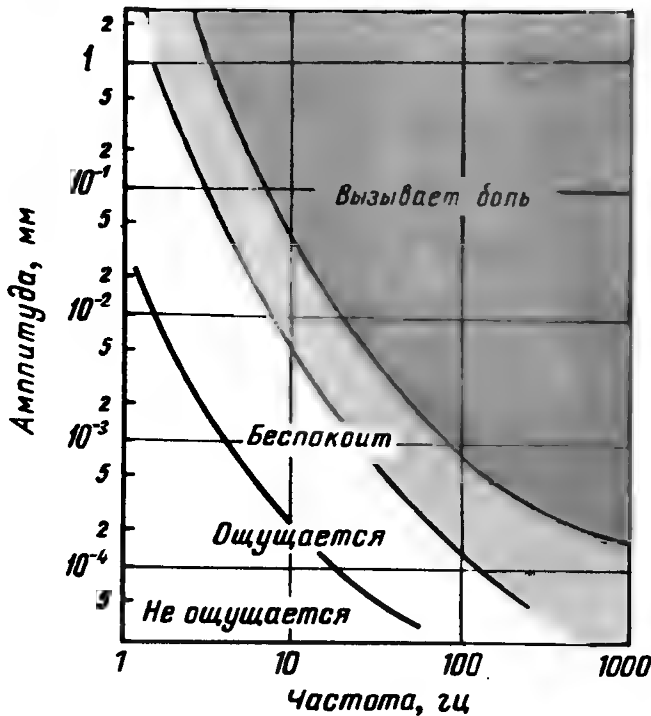
Очень важным фактором среды в кабине космического корабля является содержание ядовитых компонентов. О ядовитых компонентах, которые могут создать опасность для человека, говорится в разделе «Техника безопасности» (стр. 2-263).

вибрация

Чем более мощными становятся наши машины, тем больше беспокоит человека их вибрация. Вибрация — это колебания высокой частоты и малой амплитуды, которые не только вредно действуют на организм человека, но и нередко мешают выполнению им рабочих операций, как мыслительных, так и двигательных.

19 Заказ № 492

Зрительное восприятие ухудшается под действием вибрации, особенно при частотах между 25 и 40 и между 60 и 90 *гц*. В частности, вибрация оказывает вредное влияние на остроту зрения, причем на остроту бинокулярного зрения больше, чем монокулярного. При вертикальной вибрации низкой частоты снижается скорость чтения и требуется увеличение уровня освещенности. Вертикальная вибрация оказывает большее воздействие на операторов, находящихся в сидячем положении, а горизонтальные колебания — на операторов, работающих стоя.



Человеческое тело реагирует на вибрацию во многом так же, как механические системы из масс и пружин. Когда частота колебаний вибратора приближается к собственной частоте колебаний человеческого тела, равной приблизительно 5 *гц*, действие вибрации на человека становится особенно неприятным.

При конструировании транспортных средств и сидений в них следует учитывать резонансную частоту колебаний человеческого тела, применяя специальные амортизаторы.

Частота собственных колебаний человеческого тела в различных его частях равна:

область таза 4—6 *гц*;

брюшная полость 4—8 *гц*;

голова (относительно плеч) 30 *гц*.

ТИПИЧНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВИБРАЦИЙ НА ЧЕЛОВЕКА [28]

РЕАКЦИЯ	ДЕЙСТВИЕ*	ЧАСТОТА, *гц*	СМЕЩЕНИЕ, *мм*
Управление дыханием	—	3,5—6,0	19
	—	4,0—8,0	3,5—15
Дрожание тела	+	40,0	1,6
	+	70,0	0,75
Дрожание рук	+	20,0	0,37—0,8
	+	25,0	0,8 —1,3
	+	30—300	0,5 —5
	+	100	0,02
Прицельные движения	—	15	1,8 —3
	—	25	0,37—0,8
	—	35	0,3 —0,7
Координация движений рук	—	2,5—3,5	12
Постоянство давления ступни	—	2,5—3,5	12
Время реакции кисти	+	2,5—3,5	12
Острота зрения	—	1,0—24	0,6 —1,5
	—	35,0	0,75—1,2
	—	40,0	1,6
	—	70,0	0,8
	—	2,5—3,5	12
Слежение	—	1,0—50	1,25—4,5
	—	2,5—3,5	12
Внимание	—	2,5—3,5	12
	—	30—300	0,5 —5

* Обозначения: + возрастание (улучшение), — уменьшение (ухудшение).

На графике справа показаны реакции на синусоидальную вибрацию всего тела по вертикальной оси (измерения проводились с испытуемым, прикрепленным ремнем к жесткому сидению) (по Парксу [29]).

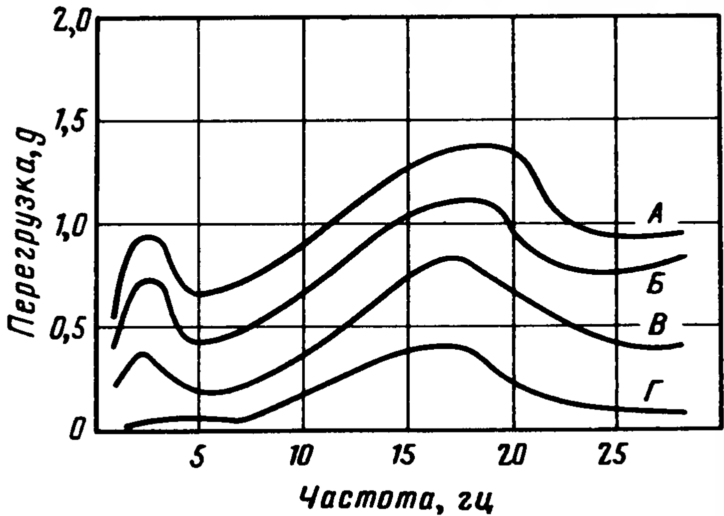
Вибрация:

А — опасная;

Б — сильно беспокоящая;

В — слегка беспокоящая;

Г — явственно ощутимая.



ПЕРЕГРУЗКИ

Термин «перегрузка» применяется для обозначения действующих на человека гравитационных сил (сил тяготения), возникающих при ускоренном движении. Тело, неподвижное относительно земли, подвержено действию сил тяготения, которые соответствуют линейному ускорению, равному 1 *g* (9,8 *м/сек*²).

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЙ ПЕРЕГРУЗКИ

УСКОРЕНИЕ

2*g* — понижение остроты зрения
4*g* — затрудненность широких движений тела
8*g* — затрудненность дыхания
10*g* — трудно держать голову, невозможно двигать конечностями
12*g* — трудно дышать без механической помощи
14*g* — зрение начинает отказывать



Трансверзальное (задне-переднее)

2*g* — понижение остроты зрения
4*g* — периферическая слепота, движение конечностей затруднено
5*g* — временная слепота и потеря управления телом
6*g* — потеря сознания



Положительное

2*g* — ухудшение зрения, головная боль
3*g* — кровоизлияние в слизистой оболочке глаза, покраснение лица, притупление умственной деятельности
4*g* — велика вероятность внутренних кровоизлияний и потери зрения

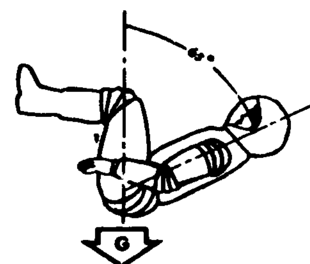


Отрицательное

Максимальная длительность выдерживания перегрузок человеком

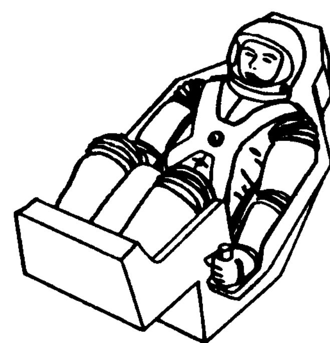
Человек выдерживает

5-кратную отрицательную перегрузку в течение				0,5 *сек*
»	положительную	»	»	»	20 »
10-кратную отрицательную		»	»	»	0,01 »
»	положительную	»	»	»	2 »
20-кратную положительную		»	»	»	0,15 »



Стойкость к действию перегрузки может быть несколько увеличена, если положение человека таково, что сила тяжести направлена под углом к длинной оси его тела. На иллюстрации слева показано оптимальное положение человека при действии максимальных перегрузок.

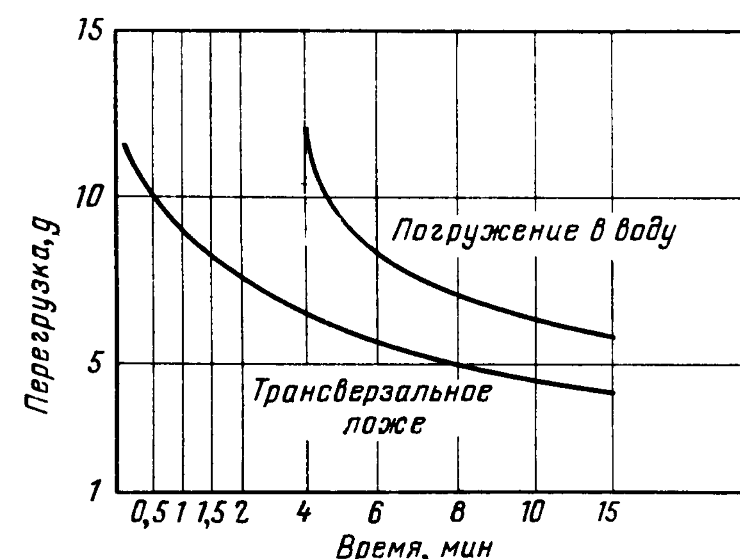
Кроме того, важно распределить действие перегрузки как можно более равномерно по телу, обеспечив надежную опору различным его частям. Последние исследования показали также, что увеличения стойкости к действию перегрузок можно достигнуть путем подачи воздуха для дыхания под повышенным давлением.



КОНТУРНОЕ КРЕСЛО КОСМОНАВТА

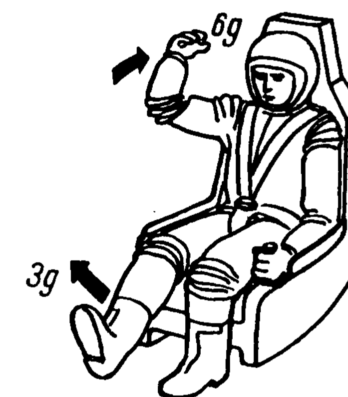
Эксперименты позволили установить, что значительное повышение стойкости к перегрузкам достигается погружением человека в воду, однако до сих пор этот метод не нашел практического применения.

Там, где ожидаются критические величины перегрузок, применяйте вместо визуальных акустические сигналы. Время реакции на акустические сигналы меньше, и они часто могут быть услышаны даже тогда, когда человек теряет способность видеть.

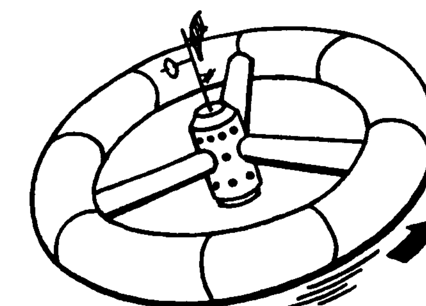


NataHaus

Как и следовало ожидать, сила тяжести, действующая при перегрузках, затрудняет движения рук, ног, головы и т. д. Например, человек не может оторвать голову от спинки при действии перегрузки более 4*g*; при перегрузке более 8*g* он не может поднять руку с подлокотника. При 3*g* человек не может поднять ногу. Однако он может выполнять ограниченные движения кистью руки даже при 25*g*. Если ожидается действие больших перегрузок, органы управления должны располагаться вплотную к рабочему положению человека.

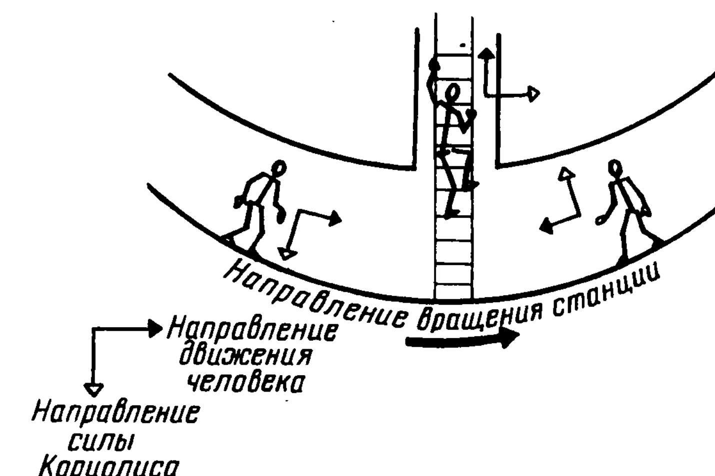


Кроме только что рассмотренных сил тяжести, при полете на космических кораблях на человека действует другая сила, которая создает дополнительные трудности. Эта сила называется кориолисовой (или силой Кориолиса) и является одной из составляющих силы, всегда возникающей во вращающемся транспортном средстве. Типичным примером может служить космическая станция, находящаяся в состоянии вращения, вызываемого для искусственного создания сил тяжести.



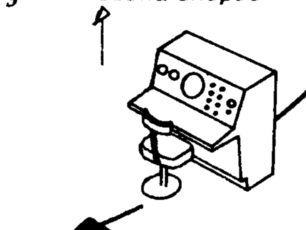
В этом случае кориолисова сила будет действовать на обитателей станции по-разному, в зависимости от направления, в котором они движутся, а также от их расстояния до оси вращения.

Если станция имеет радиус 6 *м* и вращается для создания гравитационного поля с нормальным ускорением 1 *g*, человек весом 68 *кг*, передвигающийся по лестнице от периферии станции к центру вращения со скоростью 1 *м/сек*, будет испытывать действие силы Кориолиса в 18,6 *кг* в направлении вращения станции.

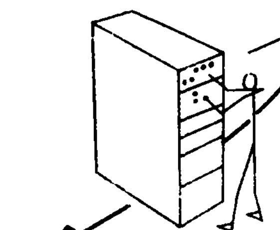


На иллюстрациях внизу приведены некоторые советы конструктору по снижению вредного влияния силы Кориолиса.

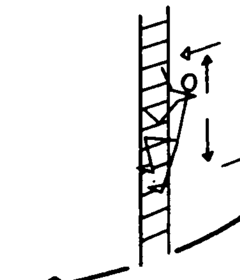
Действие сил Кориолиса при движении руки человека вперед



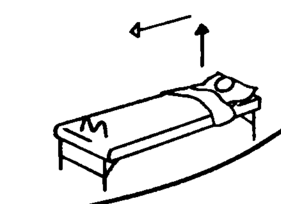
Располагайте пульт поперек корабля, чтобы не затруднялись боковые движения рук



Располагайте высокие стойки так, чтобы сила Кориолиса не затрудняла выдвигание ящиков



Располагайте плоскость лестницы так, чтобы сила Кориолиса не отбрасывала человека назад

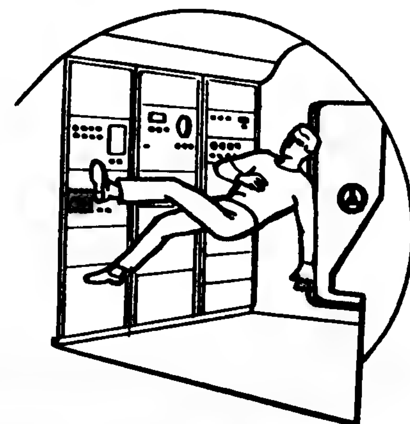


Человеку легче вставать с койки, если она сориентирована так, что ноги вытянуты в направлении вращения

НЕВЕСОМОСТЬ

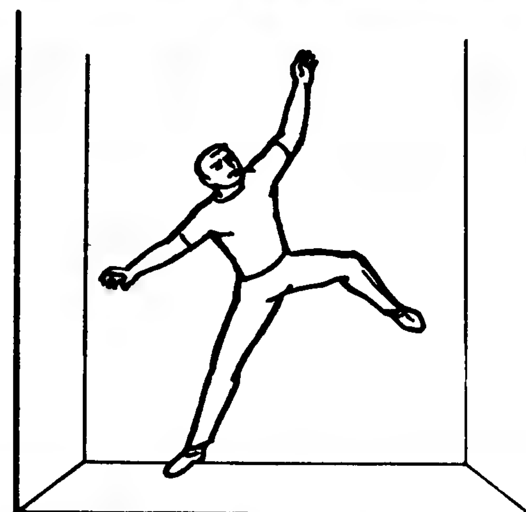
В состоянии невесомости все незакрепленные предметы, включая человека, «плавают»! Если предмет приведен в движение, он будет продолжать движение до тех пор, пока его намеренно не остановят с помощью какого-то двигателя или механического стопора или пока он не ударится о другой предмет. Конструктор должен учитывать проблемы, возникающие в связи с этим явлением, и должен предусмотреть способы снижения возможного вредного влияния его на оператора. Кратковременное состояние невесомости возникает при некоторых видах маневров самолета, но наиболее сложные проблемы, связанные с невесомостью, возникают при космических полетах.

При конструировании космического корабля приходится иметь дело с рядом проблем, из которых несколько перечислено ниже.



НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С НЕВЕСОМОСТЬЮ

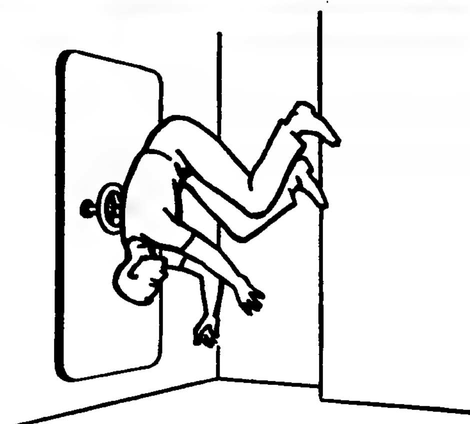
Без специального двигателя или поручней человек не может переместиться из одной точки в другую иначе, как оттолкнувшись от твердой поверхности. И наоборот, он не может остановить свое движение иначе, как ударившись о твердую поверхность. Если ему не за что ухватиться у этой поверхности, он, возможно, будет продолжать двигаться от одной поверхности к другой.



Плавая в помещении, человек может прийти в состояние беспорядочного кувыркания, которое он не сможет остановить без специального двигателя, без удара о твердую поверхность или захвата каких-либо закрепленных предметов.

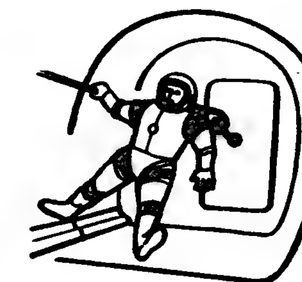
Если человек находится вне космического корабля, он должен быть все время привязан к нему!

Человек может оказаться в состоянии парения в центре помещения, откуда нельзя дотянуться до какого-нибудь закрепленного предмета; тогда он совсем будет лишен возможности активно перемещаться!



Если человек придет в состояние бесконтрольного кувыркания, он может потерять ориентировку, возможен также приступ морской болезни. В этом случае вполне вероятно, что он будет неспособен удовлетворительно действовать и после прекращения беспорядочных движений, даже если они продолжались очень недолго.

Бесконтрольное движение может привести к ударам о другие предметы (часто очень сильным) и вызвать у человека травмы или повредить его защитную одежду и снаряжение. Вполне понятно, что прокол или разрыв защитной одежды может создать для человека еще большие опасности.



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ КАБИНЫ

Конфигурация кабины должна быть такой, чтобы членам экипажа всюду была обеспечена досягаемость каких-то закрепленных предметов или поверхностей или же в их распоряжении должны быть средства, предупреждающие возможность оказаться в безнадежно подвешенном состоянии в центре кабины. Предусматривайте в случае необходимости предохранительные поручни или переносные двигатели.



Все твердые предметы, такие, как переборки кабины, пульты, сидения и т. д., не должны иметь неограждённых углов и выступов. Все органы управления, переключатели, рукоятки и т. д. должны быть встроены в поверхность стены или панели, чтобы о них нельзя было случайно удариться. При встраивании органов управления следует предусматривать достаточное свободное пространство для действия рукой в перчатке скафандра.

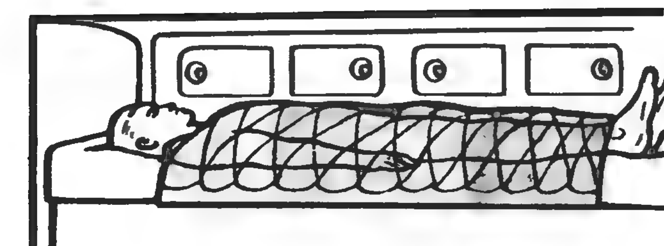


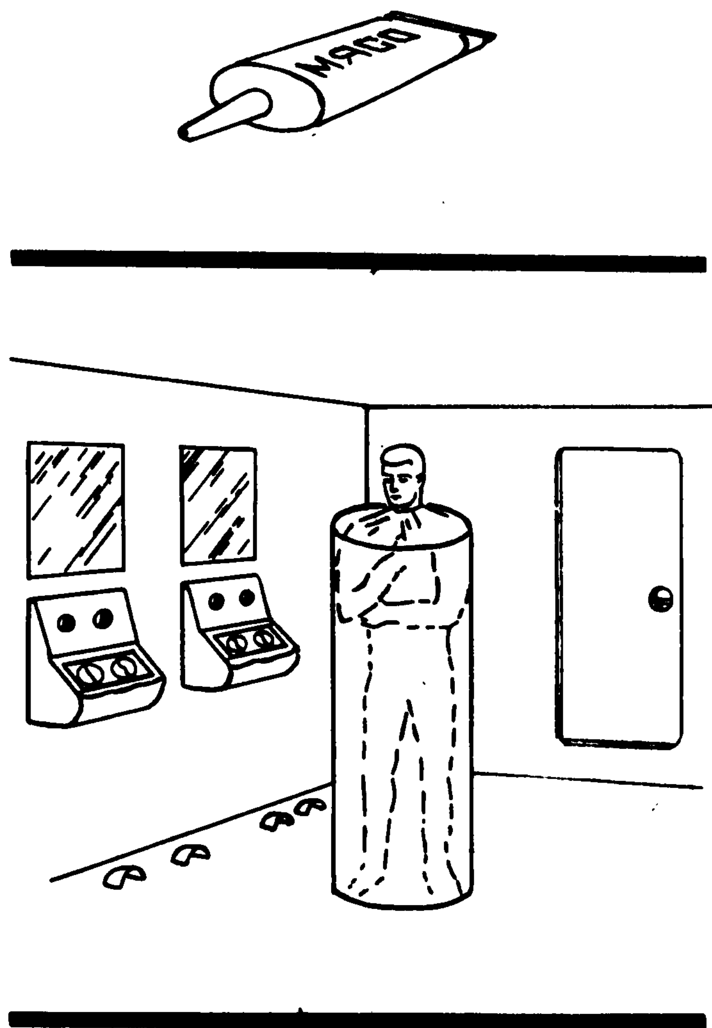
Поручни и ручки следует предусматривать в основных пунктах космического корабля, чтобы создать космонавту устойчивость при приложении усилия к органам управления. Инструменты, требующие вращения, должны конструироваться так, чтобы вращался инструмент, а не человек, прикладывающий к нему вращающее усилие. Контуры движения концов инструмента должны быть замкнутыми.



Все объекты, которые в обычных условиях лежат на горизонтальной поверхности, при невесомости следует закреплять, иначе они будут плавать. Помните о таких предметах, как карандаши, бумага, книги, провода и т. д.

Все сидения должны снабжаться ремнями. Крепежные приспособления следует предусматривать также для всех коек. Если человеку надо стоя прикладывать большое усилие к органу управления, ступни его ног должны быть закреплены, причем крепления следует располагать на расстоянии 300—350 *мм* друг от друга.

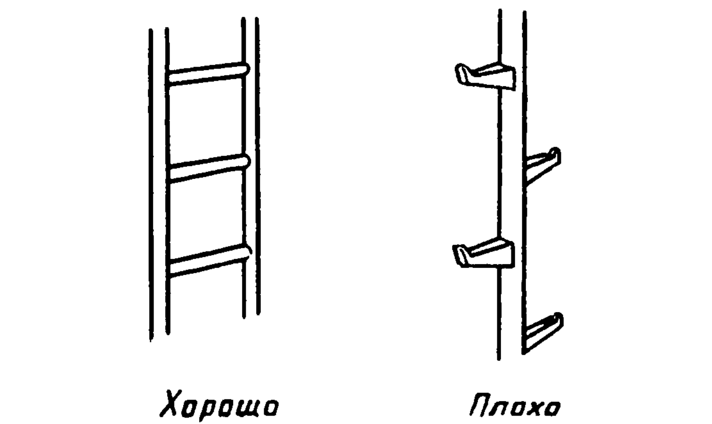




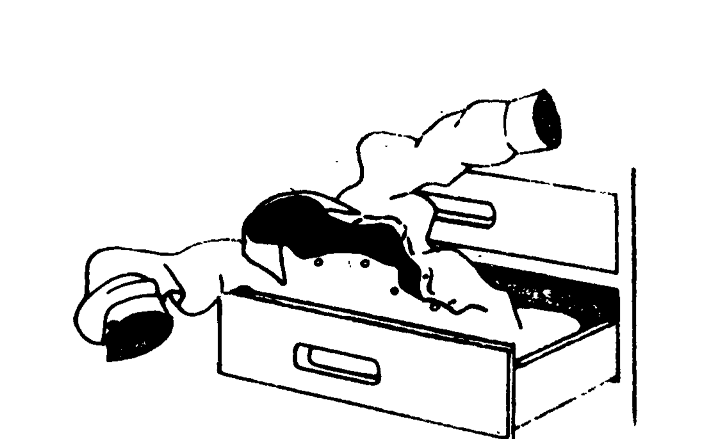
Жидкую и полужидкую пищу и воду для питья лучше всего содержать в тубах.

Различные приспособления для умывания, такие, как раковина или душ, надо конструировать так, чтобы вода отсасывалась и не попадала в пространство кабины.

Предусматривайте способы улавливания твердых частиц, таких как пыль, грязь, ворсинки и т. д., чтобы они не плавали в среде космического корабля.



Лестницы, которые предполагается установить в космическом корабле для выхода на поверхность земли, не всегда могут подходить для условий невесомости. Удостоверьтесь, что на них нет выступающих частей, которые могут зацепить и повредить одежду человека или проколоть его снаряжение.

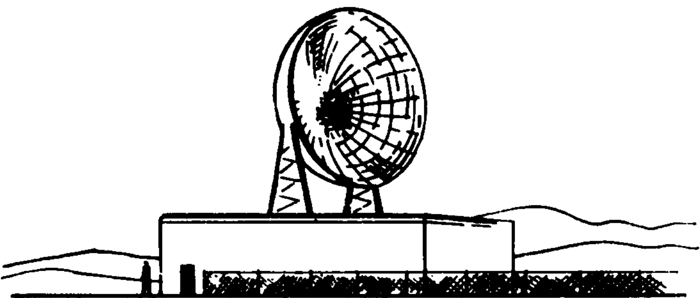


При создании всех люков и дверей надо предусматривать фиксацию их как в закрытом, так и в открытом положениях.

Места хранения следует делать так, чтобы содержимое задерживалось в них и не могло «выплыть» из ящика или шкафа.

радиация

Человек не должен подвергаться продолжительному воздействию некоторых видов радиации. Рекомендуемые ограничения коротковолновой радиации на радарных установках соответствуют 0,01 *мвт/см²* на протяжении рабочего дня. Компоновка таких установок должна по возможности устранять пребывание людей под радиацией. Людей необходимо помещать подальше от опасных зон или специальным образом загораживать их от радиации.



МАКСИМАЛЬНЫЕ ПРЕДЕЛЫ ПРЕБЫВАНИЯ ПОД ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИЕЙ [30]

ИОНИЗИРУЮЩАЯ РАДИАЦИЯ ЛЮБОГО ВИДА ИЛИ СОЧЕТАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ	ДОПУСТИМАЯ ДОЗА (*бэр*)* ЗА КАЛЕНДАРНЫЙ КВАРТАЛ (БЕЗ ПОЛНОГО МЕДИЦИНСКОГО ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ)**
Все тело	1,25
Голова, туловище, органы кровообращения, зрачки глаз	1,25
Конечности	18,75
Кожа	7,5
Воздействие радиации при несчастном случае (внешнее или внутреннее относительно тела)	25,0 (или больше в крайних случаях)

* *Бэр* — биологический эквивалент рентгена

** Если проводится медицинское освидетельствование, допустимо более продолжительное пребывание с превышением указанной дозы на 80%: 3 *бэр* за квартал в случае, если обнаружено не больше 5 (*n* – 18) *бэр* общей накопленной человеком дозы, где *n* — возраст человека.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ [30]

ТИП РАДИАЦИИ	ДЛИНА ПРОБЕГА В ВОЗДУХЕ, *см*	ЗАЩИТНЫЙ МАТЕРИАЛ	
		ТИП	ТОЛЩИНА, *мм*
α-частицы (энергия 4 *Мэв*)	2,8	Алюминиевая фольга Бумага Обычная одежда	0,4 0,4 0,4
β-частицы (энергия 3 *Мэв*)	130	Свинец Алюминий Пирекс Люсит Вода	1,4 5,3 6,6 12,4 14,8
γ-лучи (энергия 4 *Мэв*)		Защита осуществляется понижением интенсивности γ-лучей путем их рассеяния при взаимодействии с атомами преграды (вероятность полного поглощения излучения в защите мала). Толщина различных защитных материалов (*мм*), потребная для снижения радиации наполовину, такова:	
		Свинец Железо Алюминий Бетон Вода	8 12 65 65 200
Нейтроны		Поскольку нейтронная радиоактивность обычно сопровождается γ-излучением, защита от нейтронов должна включать также и защиту против γ-лучей. Эффективен цемент, смешанный с железной дробью. Однако на самолете и космическом корабле, а также в системах дистанционного управления по соображениям экономии веса лучше всего применять комбинацию бериллия с литием.	

УТОМЛЕНИЕ

Утомление — это сложный процесс, который включает в себя как объективные физиологические сдвиги в организме человека, так и возникающее в результате этого ухудшение психического состояния и снижение эффективности выполнения рабочего задания. Наиболее действенные пути борьбы с утомлением таковы: 1) хорошее питание; 2) упрощение задания (преобладание в работе простых движений, распределение нагрузки между руками или между руками и ногами); 3) ограничение требуемых усилий; 4) устранение или снижение вредных воздействий (шум, вибрация); 5) обеспечение оптимальных условий среды (температура, влажность, вентиляция, давление, перегрузки и т. д.) и 6) рациональная смена периодов работы и отдыха.

Средние энергетические потребности человека (в калориях на день):

при работе сидя 2400;

при легкой физической нагрузке 2700,

при средней физической нагрузке . . . 3000,

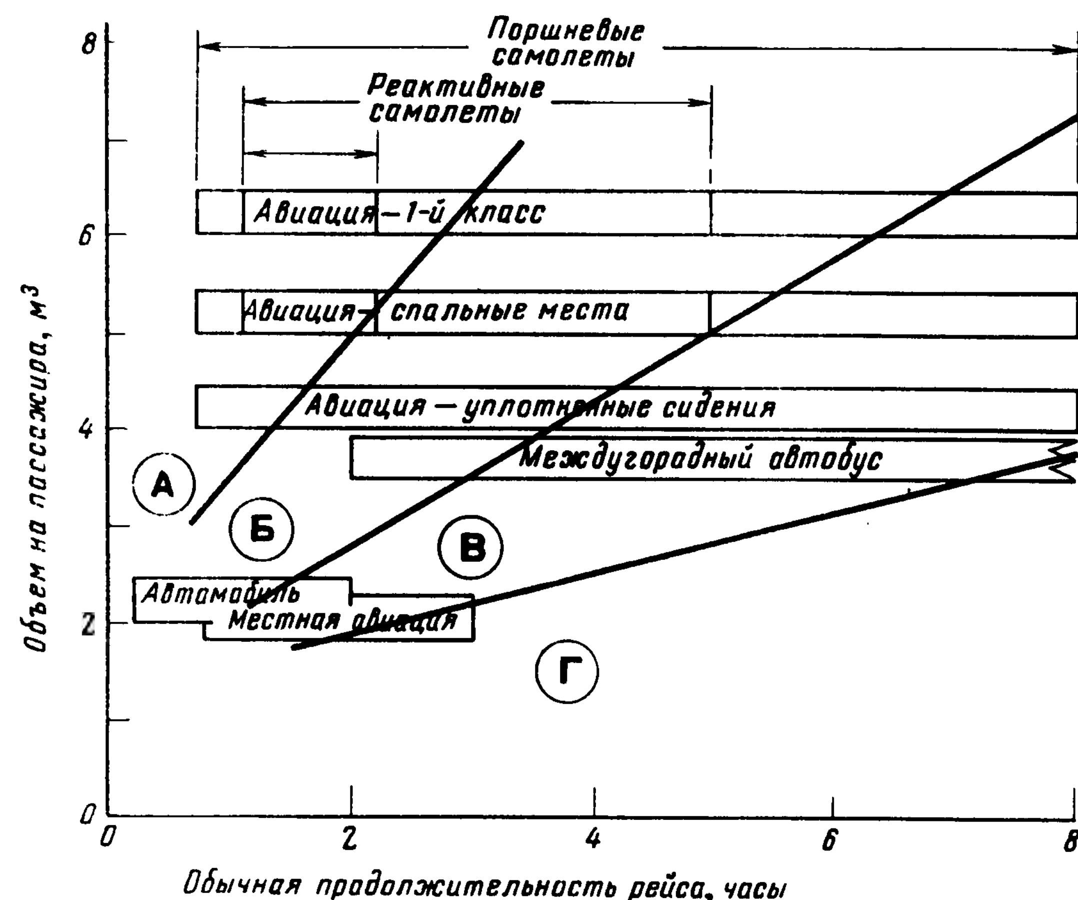
при тяжелой физической нагрузке . . . 3600.

Характер работы определяет продолжительность времени, на протяжении которого оператор может эффективно выполнять свои обязанности.

Описание работы	Рекомендуемые ограничения продолжительности работы
Задание, которое не требует высокого уровня двигательных навыков, не предъявляет требований принятия быстрых и ответственных решений или связано с многократным повторением простых движений	до 12 *час*
Очень длинное задание, в котором используются стандартные приемы с умеренной ответственностью и ограниченной точностью ручных операций	до 8 *час*
Постоянная тяжелая работа с необходимыми перерывами	до 6 *час*
Довольно ответственная работа, связанная с необходимостью принимать решения на основе информации, меняющейся случайным образом	до 4 *час*
Очень ответственная, но монотонная работа, требующая сосредоточенного внимания	до 2 *час*
Работа, требующая исключительной точности движений и очень большой скорости ответной реакции, причем времени на расслабление не дается	до 30 *мин*

ПРИМЕЧАНИЕ. Ограничения по времени, предлагаемые выше, могут изменяться, если вводятся дополнительные периоды отдыха или меняется характер рабочего задания. Определение цикличности труда и отдыха обычно базируется на анализе периода в 24 *час* и поэтому учитывает изменения имеющие место на всем его протяжении. При планировании ответственных рабочих заданий важно учитывать эти нормальные изменения. Так, например, эффективность труда обычно падает приблизительно к 10 часам утра, а также в полдень. Перед концом же работы наблюдается повышение производительности. Хотя мы обычно ориентируемся на 8-часовой рабочий день и 8 часов сна, люди могут легко приспосабливаться и к другим циклам смены труда и отдыха.

НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ КАЖДОГО ПАССАЖИРА КУБАТУРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РЕЙСА [31]



А — РОСКОШНЫЕ УСЛОВИЯ;

Б — КОМФОРТАБЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ;

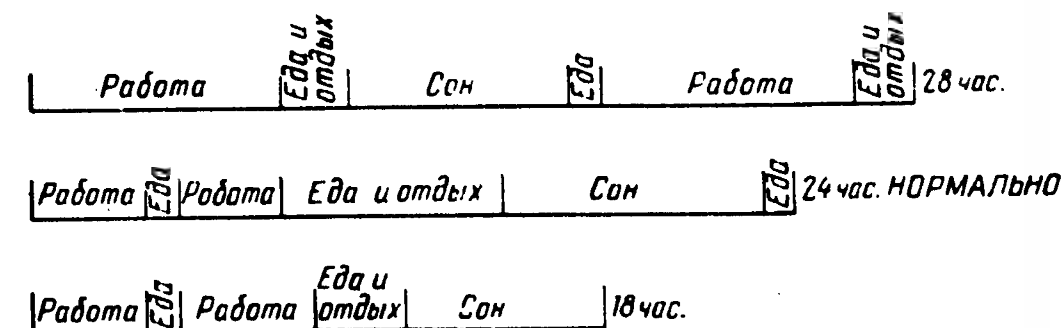
В — ОГРАНИЧЕННЫЕ УДОБСТВА;

Г — «СПАРТАНСКИЕ» УСЛОВИЯ.

Один из многих факторов, определяющих утомление пассажира, зависит от пространства, которое ему отводится в транспортном средстве. На графике дана оценка объема, отводимого для пассажира при различной продолжительности рейса. Эта оценка основана на практическом опыте, а не на данных научного исследования. В одной крупной самолетостроительной фирме применяются следующие стандарты: номинальный объем, приходящийся на одного пассажира, — 1,5 $м^3$; из этого объема 77,5% приходится на сиденье, 3% — на тамбуры, 6% — на вешалки и 7,5% — на буфеты; расстояние между рядами сидений равно 1 *м*.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ работы очень существенно для предупреждения утомления. Хотя большинство людей и привыкло к нормальному 8-часовому рабочему дню с отдыхом в оставшееся время суток, вполне возможно создание других циклов труда и отдыха, обеспечивающих хорошие показатели работы.

С началом космических полетов нормальный цикл смены дня и ночи утратил свое значение для планирования периодов работы и отдыха. Человек может приспособиться к суточному режиму, имеющему продолжительность от 18 до 24 *час.* В этих пределах длительности цикла при правильном планировании труда и отдыха температурная кривая человеческого тела остается вполне удовлетворительной. На приведенной ниже схеме показаны различные варианты «расписаний» труда и отдыха.



Среди факторов, которые следует учитывать при планировании циклов труд — отдых для систем с многочисленным экипажем, можно упомянуть следующие:

Не планируйте начало работы сразу после сна.

Учитывайте необходимость перекрытия смен для передачи дежурства.

Не забывайте, что эффективность работы оператора невелика в течение примерно часа после приема пищи из-за расхода энергии на переваривание пищи.

Учитывая особенности некоторых возможных аварийных ситуаций и сложность операций по преодолению опасности, может оказаться необходимым спланировать часы сна так, чтобы в любой момент бодрствовало не менее двух членов экипажа.

Если рабочая зона не может быть отделена от зоны отдыха, к расчетному времени сна необходимо прибавить время, требуемое для засыпания.

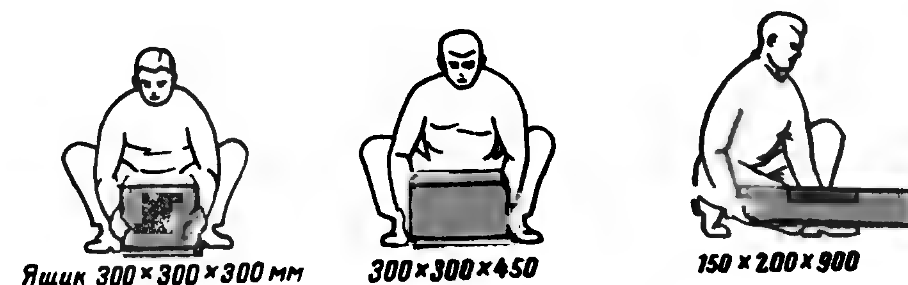
Минимальное время сна — 6 *час.*

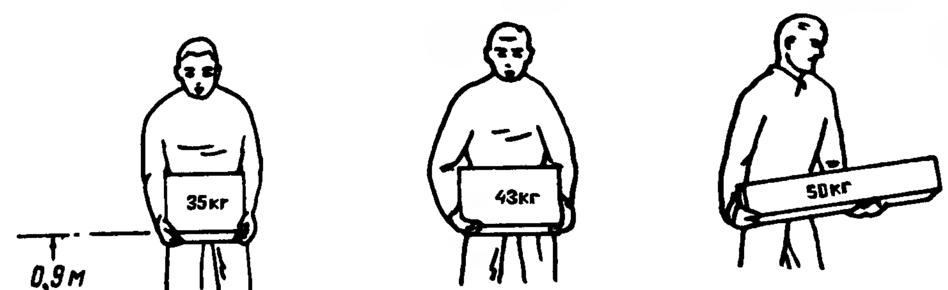
Максимальное время бодрствования даже в аварийных условиях не должно превышать 36 *час.*

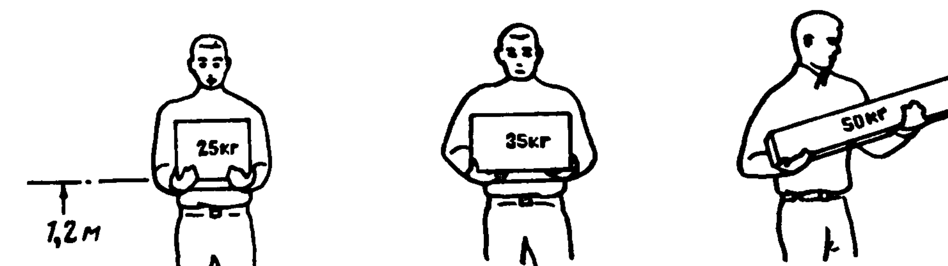
Планируйте цикл так, чтобы члены экипажа, которым предстоит выполнять ответственную операцию (приземление самолета, подготовку к посадке в космический корабль), имели достаточное время для отдыха.

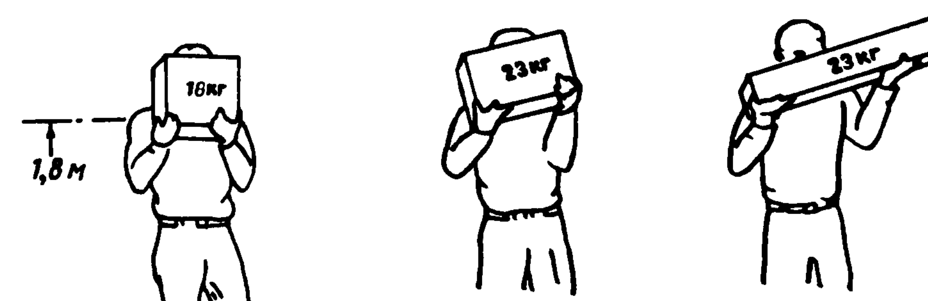
Поднятие и переноска тяжестей вызывают усталость и могут нанести вред здоровью. В рекомендациях по ограничениям веса поднимаемых человеком предметов, приведенных на помещенных ниже иллюстрациях, приняты во внимание не только высота, на которую поднимается груз, но также размеры и форма предмета. Приведенные значения указывают не максимальный вес, который может быть поднят человеком, а веса, которые могут быть многократно подняты средним человеком в обычных рабочих условиях. Следует заметить, что все эти предметы не имеют ручек; предполагается, что они хорошо сбалансированы.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ВЕСА ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ УПАКОВКИ

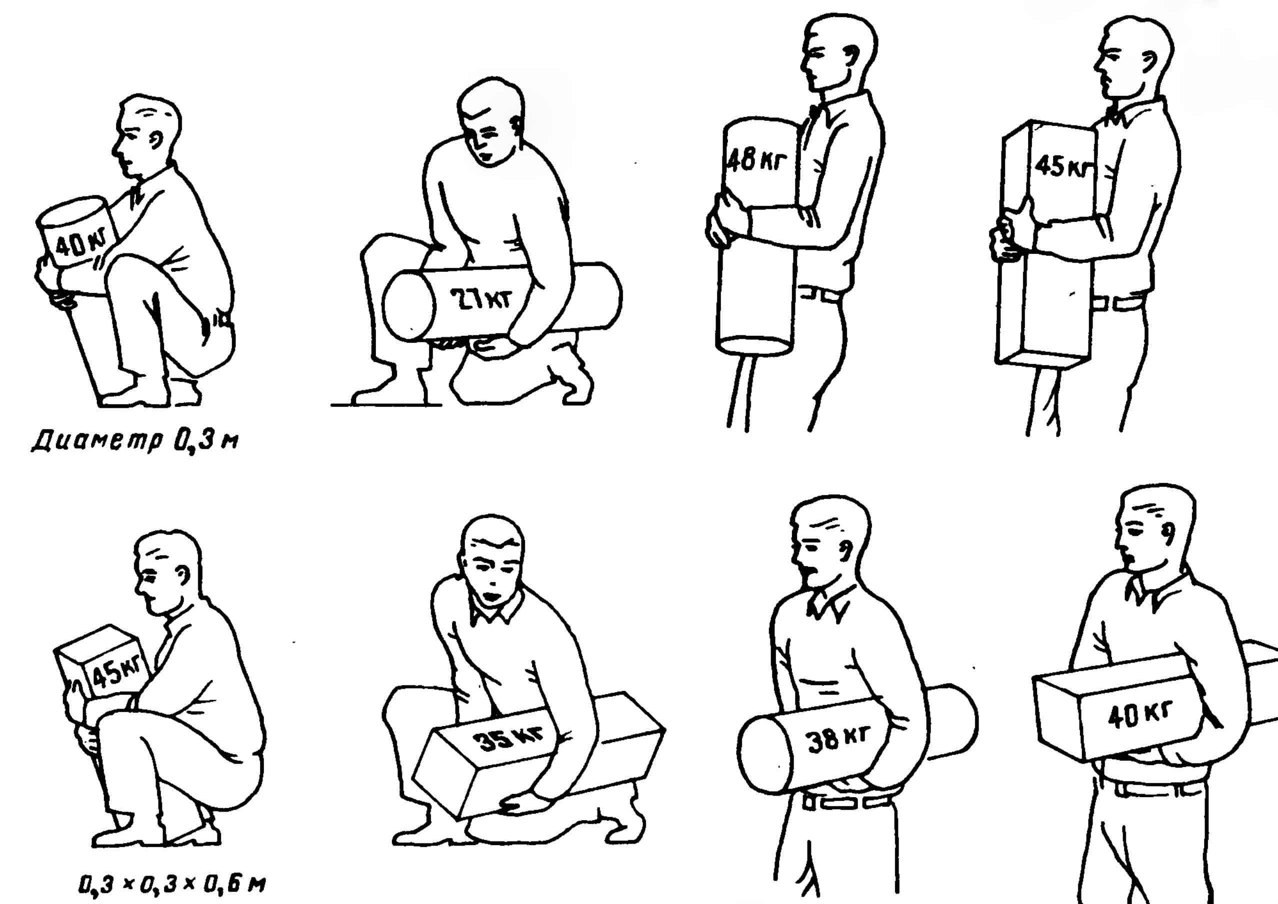








NataHaus



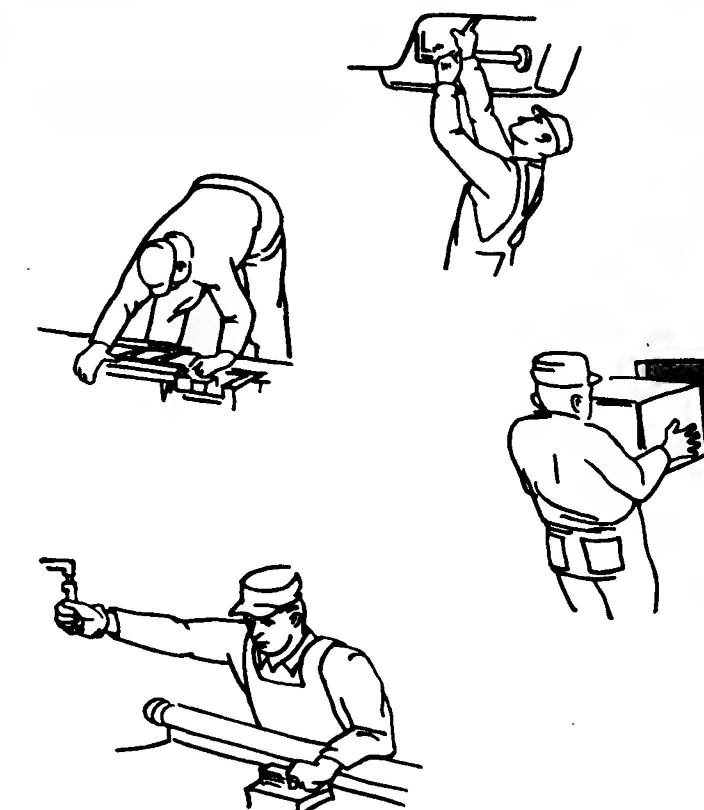
Не планируйте утомительных рабочих заданий!

Принимайте во внимание рабочую позу, в которой человек должен будет выполнять операцию или задание. Если оператор или рабочий должен продолжительное время держать руки над головой, он очень быстро устанет.

Если рабочему надо ложиться на землю, сгибаться или становиться на корточки и при этом те или иные части его тела долго остаются в неподвижности, это может послужить дополнительной причиной утомления.

Если человек, выполняя операцию, требующую определенной точности, одновременно держит тяжелый груз (например, если он, поддерживая тяжелую деталь, пытается насадить ее на ось), такое комбинирование заданий действует особенно утомляюще, и необходимая точность может быть при этом не достигнута.

Планируйте работу оператора так, чтобы ему не надо было часто до чего-нибудь дотягиваться. Это вызывает утомление как в связи с добавочными затратами энергии, так и ввиду необходимости сохранять равновесие.



обеспечение требований техники безопасности при конструировании

Обычно говорят, что вопросы техники безопасности должны быть общей заботой всего персонала. Другое часто цитируемое изречение гласит: «Если что-то может быть сделано неправильно, кто-нибудь рано или поздно это сделает». Каждый конструктор должен чувствовать себя ответственным за то, чтобы в создаваемых им конструкциях и планируемых рабочих заданиях была исключена вероятность несчастных случаев, ранения людей и порчи оборудования. Ниже мы приводим контрольный список, который напоминает о наиболее частых причинах несчастных случаев.

СПИСОК РАСПРОСТРАНЕННЫХ НАРУШЕНИЙ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

ВОЗМОЖНОСТЬ ОСТУПИТЬСЯ ИЛИ СПОТКНУТЬСЯ. Эта опасность вызывается размещением предметов на пути движения людей. Опасность увеличивается, если площадь плохо освещена и если люди должны проходить по ней быстро или переносить какие-либо грузы.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОСКОЛЬЗНУТЬСЯ. Полированные поверхности, а также поверхности, которые могут стать скользкими при увлажнении или попадании на них капель масла, могут вызвать беду!

ВОЗМОЖНОСТЬ УДАРИТЬСЯ ГОЛОВОЙ. Такая опасность возникает при низких потолках или наличии низко свисающих предметов. Если нельзя избежать такого низкого расположения предметов, следует обеспечить их отчетливую маркировку, предусмотреть мягкую обивку выступающих частей и хорошее их освещение. Персонал должен быть снабжен защитными шлемами. Голова может пострадать также от падающих сверху предметов. Должны быть предусмотрены сетки, улавливающие падающие предметы, а в периоды монтажа оборудования персонал должен быть снабжен жесткими касками.

ВОЗМОЖНОСТЬ УДАРИТЬСЯ ОБ ОСТРЫЕ КРАЯ ИЛИ ВЫСТУПЫ. Оборудование не должно иметь острых краев или выступов, если для персонала существует опасность прийти с ними в соприкосновение. Если нельзя избавиться от выступающих частей и скруглить острые края и углы, их следует обшивать мягким материалом.

ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАЦЕПИТЬСЯ. Возможность зацепиться телом или краем одежды за отдельные части оборудования или металлическую обшивку может привести к травмам или явиться их косвенной причиной, если человек в результате потеряет равновесие.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ УДАР. Замыкание неизолированных проводов через человеческое тело может вызвать ожоги и даже смерть. Нужно предусматривать изоляцию не только проводов и металлических частей, но также металлических поверхностей и пола. Особое внимание следует обращать на возможность попадания жидкостей на проводку, что вызывает короткое замыкание. Следует помнить, что даже легкий электрический удар может вызвать у человека такую реакцию, которая поведет к серьезной травме. Например, отскочив от места, где его ударил ток, человек может удариться об оборудование или упасть.

ОЖОГИ. Защита от ожогов в результате соприкосновения с горячим металлом, стеклом, жидкостями, паром, воздухом или кислотами должна заранее предусматриваться при конструировании оборудования и планировании рабочих мест.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИЩЕМЛЕНИЯ руки рабочего между дверью и дверной рамой или между оборудованием и ящиком или в результате падения тяжелой детали, уроненной из-за отсутствия ручек, необходимо тщательно учитывать при конструировании. Даже инструменты следует исследовать с целью исключения возможности прищемления пальцев, повреждения суставов и т. д.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПАДЕНИЯ. Когда есть вероятность потери равновесия рабочим из-за движения оборудования, конструктор должен предусмотреть соответствующие меры безопасности — предохранительные перила, ремни, поручни, рифленый настил пола и т. д.

ПЕРЕГРУЗКИ. Ускорения, торможения, удары и вибрация также должны быть в поле зрения конструктора. Интенсивность воздействия этих факторов не должна превышать пределов, переносимых человеком. Сидения должны обеспечивать равномерное распределение давления: с помощью ограничителей необходимо стабилизировать человеческое тело. Следует употреблять энергопоглощающие материалы для уменьшения передачи энергии ударов и вибрации.

ШУМ. Во всех случаях должны быть предусмотрены меры против возможного оглушения человека. Следует иметь в виду, что шум, помимо прочего, может помешать рабочему услышать сигнал, обеспечивающий его безопасность, или вызвать утомление, которое понизит его бдительность.

ЯРКИЙ СВЕТ. При планировании некоторых операций военного значения следует иметь в виду возможность ослепления яркой вспышкой света. Помимо прочего, временная слепота, вызванная ярким светом, может помешать оператору увидеть какие-то важные сигналы, что приведет к еще более опасной ситуации. Атомный век принес с собой новые проблемы, связанные с повреждением сетчатки глаза под воздействием света, испускаемого при запуске ракет, ядерных взрывах и т. д.

ЯДОВИТЫЕ ВЕЩЕСТВА. Следует избегать применения токсических материалов или веществ, проникающих через кожу или образующих вредные испарения.

АТМОСФЕРА И ДАВЛЕНИЕ. Эти параметры среды следует поддерживать в переносимых человеком пределах; при этом надо иметь в виду, что при приближении к крайним пределам понижается эффективность действий и восприятия человека.

ТЕМПЕРАТУРА. Жара или холод, слишком горячее или холодное оборудование таят в себе опасности, которые следует принимать во внимание при конструировании. Пот на руках может оказаться причиной несчастного случая. При окоченении рук от холода человек может уронить инструмент или деталь.

ФИЗИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ. При поднятии чересчур тяжелой детали рабочий может надорваться или уронить тяжелый предмет на ноги.

РАДИАЦИЯ. Защита от электромагнитного и ионизирующего излучения важна не только в космосе, но также и при конструировании и размещении радиолокационного оборудования.

ВЗРЫВ И ПОЖАР. Эти опасности являются наиболее общими и широко распространенными, и тем не менее многие конструкторы уделяют слишком мало внимания мерам их предупреждения.

ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОТДЕЛЬНЫМ ОБЪЕКТАМ И КОНСТРУКЦИЯМ

ЖИЛЫЕ ДОМА



Органы управления различных нагревателей, печей и т. п. должны помещаться или конструироваться так, чтобы маленькие дети не могли их включить.

В верхней части лестницы следует предусматривать достаточно большую площадку, чтобы человек не шагнул мимо, выйдя за дверь.

Все обогревающие устройства должны изолироваться или ограждаться, чтобы маленькие дети (да и взрослые) не обжигались, дотронувшись невзначай до горячих поверхностей.

Необходимо предусматривать достаточное освещение всех проходов, лестничных клеток и порогов, чтобы люди не спотыкались из-за ограниченной видимости.

Свободное пространство над лестницами должно быть достаточным, чтобы люди не ударялись головой. Это относится также и к каютам.

Двери, открывающиеся в обе стороны, должны быть снабжены окнами, чтобы человек, подходя к двери, мог видеть другого человека, приближающегося к ней с противоположной стороны.

Все наружные двери должны открываться наружу. Внутренние двери не должны открываться в проходы.

На всех лестницах должны быть перила.

Все лестницы должны конструироваться в соответствии с рекомендуемой высотой и глубиной ступеньки (см. стр. 2-166—2-168), чтобы исключить возможность соскальзывания и падения людей.

Электрические рубильники и переключатели должны располагаться достаточно далеко от душей и ванн, чтобы человек не мог прикоснуться к ним, находясь в контакте с водой.

Бытовые нагреватели воды должны располагаться таким образом, чтобы при образовании течи вода не залила дом и в особенности не достигла электропроводки. Все нагреватели должны иметь автоматические предохранители, прекращающие подачу газа или электрического тока в нагреватель в случае аварии.

Там, где гаражи прилегают к дому, следует предусматривать огнестойкие стены и двери.

Вентили системы обогревания пола должны покрываться изоляцией, чтобы люди не обжигались, перешагивая через них босыми ногами.

Люминесцентные лампы должны иметь защитную арматуру, чтобы они случайно не могли быть разбиты.

Следует избегать острых выступающих углов у шкафов, особенно если они стоят в проходах или непосредственно у дверных проемов.

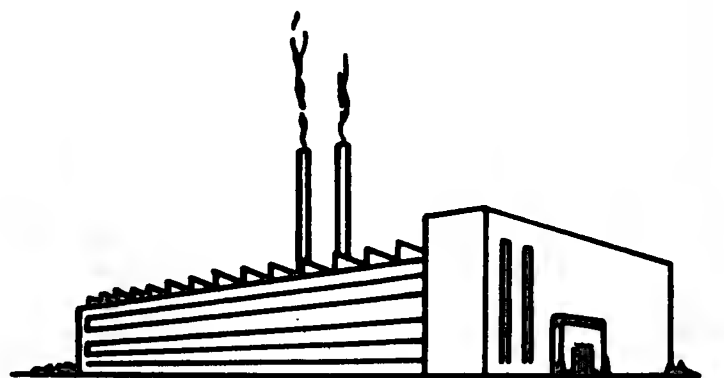
Оконное стекло может случайно сконцентрировать солнечный свет и вызвать неожиданное загорание. Располагайте окна так, чтобы предотвратить такую возможность, или предусматривайте солнцезащиту посредством навесов, карнизов и т. д.

Планируйте достаточное свободное пространство между дверьми и прилегающими стенами проходов, чтобы люди не оказывались зажатыми между открывшейся дверью и стеной.

Конструируйте ручки на отодвигающихся дверях так, чтобы люди не прищемляли руки при закрывании двери.

Избегайте употреблять для настила пола материалы, которые, намокая, становятся скользкими, или покрывайте их сверху нескользкими материалами.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗДАНИЯ



Предусматривайте предохранительные перила или другие приспособления вокруг опасных (находящихся в движении) машин, производственных зон, транспортных средств и т. д. Применяйте соответствующие цветовые коды для повышения заметности ограждений и аварийного оборудования.

Предусматривайте расположение аварийных органов управления и переключателей на всех опасных машинах и оборудовании в наиболее доступных местах.

Создавайте хорошие условия для зрения, применяя рассеянное освещение потолков, стен, полов, верстаков и т. д. Используйте стандартное цветовое кодирование инструментов, машин, арматуры, аварийного оборудования, инструкций, надписей.

Предусматривайте установку подъемных и транспортных механизмов, избавляющих рабочих от необходимости поднимать чрезмерно тяжелые материалы и детали.

Если искры и мелкие летящие частицы способны нанести повреждение рабочему, предусматривайте защитные очки и соответствующую одежду.

Предусматривайте соответствующие контейнеры для хранения взрывчатых, горючих и химически активных материалов и отходов.

Предусматривайте устройство санпостов в центральных пунктах помещения для наиболее быстрого оказания первой помощи пострадавшим.

Предусматривайте световые и звуковые сигнальные системы, предупреждающие о возникновении опасности в рабочей зоне.

Предусматривайте аварийное оборудование для борьбы с огнем и для оказания помощи пострадавшим от химических веществ или радиации.

Создавайте такой настил пола, который способен изолировать рабочего от электрического удара, вибрации и не впитывает в себя химические, в том числе жидкие, вещества.

Предусматривайте автоматические защитные устройства на подъемниках и платформах для того, чтобы избежать случайных столкновений.

Делайте рабочие стойки так, чтобы они были устойчивы, т. е. имели низко расположенный центр тяжести, или могли быть надежно закреплены.

Предусматривайте предохранительные заграждения вокруг всех отверстий в полу, а также вокруг возвышающихся площадей.

Предусматривайте средства для смыва или нейтрализации вредных жидкостей, которые могут быть разлиты.

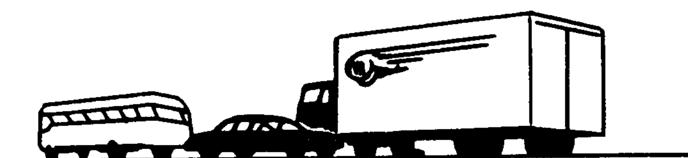
Не забывайте о необходимости хорошей системы обозначений и инструкций; указывайте вес и мощность агрегата, назначение трубопровода и содержание контейнера; особо отмечайте высокое напряжение, очень горячие или очень холодные поверхности материалов; расставьте таблички: «Не курить», «Взрывоопасно», «Радиация» и т. д.

Планируйте расположение арматуры и монтажных приспособлений таким образом, чтобы свести до минимума возможность ушибов головы, захвата одежды острыми углами и краями и т. д.

Предусматривайте правильную систему вентиляции и выхлопную систему во всех местах, где скапливается значительное количество пыли, дыма или газов.

Планируйте все рабочие площади так, чтобы персонал в случае необходимости мог быстро эвакуироваться.

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА



Обеспечивайте водителю максимально возможный обзор во всех направлениях.

Располагайте все обычные и аварийные органы управления в пределах досягаемости так, чтобы водителю для пользования ими не надо было менять свою основную рабочую позу, теряя при этом наблюдение из машины. То же относится и к таким вспомогательным устройствам, как пепельницы, зажигалки и ручки управления радиоприемником.

Располагайте или кодируйте органы управления таким образом, чтобы оператор не мог случайно ошибиться в их выборе.

Убирайте, перекомпоновывайте или встраивайте все органы управления или другие выступающие элементы, чтобы водитель или пассажиры не могли удариться или зацепиться за них рукавом ни в нормальных, ни в аварийных условиях. Это относится также к ручкам дверей, окон, багажных отделений и т. д.

Избегайте употреблять материалы, которые могут в случае аварии разбиться вдребезги или расколоться на части, обладающие острыми краями.

В конструкции или отделке машины используйте только невоспламеняющиеся и не поддерживающие горение материалы.

Обеспечивайте хорошее заземление для всей электропроводки и электрооборудования.

Предусматривайте противопожарные барьеры между двигателем, топливными баками и отделениями для пассажиров.

Делайте дверные рамы и замки так, чтобы двери не открывались самопроизвольно (предусматривайте возможность деформации рамы в случае аварии), но притом так, чтобы люди всегда могли открыть двери и быстро выйти в случае аварии.

Используйте амортизирующие покрытия на всех поверхностях, о которые люди могут удариться в случае неожиданной остановки или аварии. Учитывайте и возможность опрокидывания машины при аварии.

Предусматривайте предохранительные средства для пассажиров, такие, как поясные и заплечные ремни, надежно прикрепленные к основной раме машины.

Оставляйте свободное пространство для ступней, коленей, головы. Известны случаи перелома ног при аварии в результате удара о переднее сиденье и случаи повреждения коленей водителя приборной доской.

Сиденья должны надежно закрепляться, чтобы они не сдвигались вперед при резких остановках. Все устройства для регулировки сидений должны быть надежными и не должны расслабляться при случайных толчках.

Устанавливайте в легко доступных местах ручные огнетушители.

Предусматривайте сигналы поворота (как внешние, так и внутренние). Должны быть предусмотрены меры для сигнализации о повороте изнутри транспортного средства при выходе из строя внешних сигнальных ламп.

Внутри транспортного средства должны быть средства индикации, сообщающие о перегорании других внешних ламп, особенно стоп-сигнала и габаритных огней.

Предусматривайте какую-то индикацию, дающую знать водителю, что дверца неплотно закрыта.

Делайте дверные защелки так, чтобы дети не могли случайно открыть дверцу.

Конструируйте рулевое колесо так, чтобы водитель при аварии не мог удариться о колонку колеса.

Предусматривайте на дверцах фиксаторы, чтобы они удерживались в открытом состоянии, когда пассажиры входят и выходят, и не могли случайно защемить ногу или руку.

Располагайте все приборы таким образом, чтобы водителю не надо было отводить свой взгляд от дороги. Кроме того, приборы не должны загораживаться рулевым колесом или другими органами управления, на их стеклах не должно быть бликов, а сами приборы не должны ночью отражаться на смотровом стекле.

Удостоверьтесь, что в поле зрения водителя нет блестящих предметов, которые, отражая солнечный свет, могут ослеплять водителя.

Создайте простую в обращении и надежно работающую стеклоочистительную систему. Избегайте употреблять стеклоочиститель, скорость которого изменяется в зависимости от режима работы двигателя машины.

Всячески облегчайте уход за машиной, чтобы снизить вероятность ее неправильного обслуживания или недостаточного осмотра из-за трудности выполнения операций по уходу, заправке или ремонту.

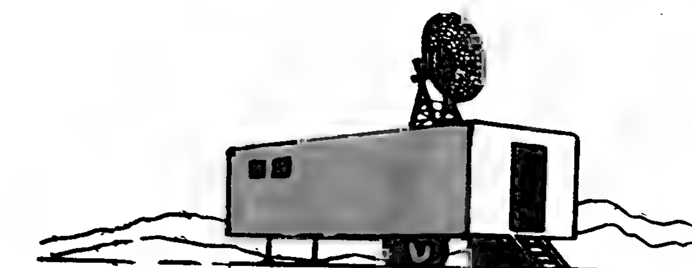
Предусматривайте такое оборудование для смены колеса, при котором исключается возможность падения машины на человека, снимающего колесо.

Все поверхности машины, края кузова, элементы отделки и т. д. должны конструироваться так, чтобы работающий человек (при чистке, заправке, ремонте и т. д.) не мог обрезаться или поцарапаться.

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПРИЦЕПЫ

Если транспорт работает на двигателях внутреннего сгорания, выхлопные трубы должны располагаться так, чтобы окись углерода не скапливалась в месте расположения персонала.

В закрытых кузовах предусматривайте вентиляцию интенсивностью 1—1,2 $м^3/мин$.



В машинах или прицепах, в которых находится испытательное оборудование, особенно если оборудование выделяет тепло, создавайте проточно-вытяжную вентиляцию.

Если оборудование может выделять опасные для персонала газы, предусматривайте предупреждающие сигналы, указывающие на приближение к опасной концентрации.

Используйте материалы, которые не образуют в некоторых условиях опасных соединений, — свинец, кадмий, политетрафторэтилен и т. д. Некоторые материалы могут выделять вещества, которые либо сами, либо соединяясь с воздухом, взрывоопасны или коррозийны.

Направляйте выхлопные трубы двигателей внутреннего сгорания вверх, чтобы снизить опасность загорания воспламеняющихся жидкостей, которые могут скопиться на земле или на полу.

Устанавливайте в кабине сигнальные лампы, предупреждающие о пожаре или опасном повышении температуры в отсеках, не доступных взору водителя.

Помещайте огнетушители в кабине в доступном для водителя месте. Подобные же огнетушители должны быть и на прицепе.

Не применяйте вблизи выхлопных труб ткани или изоляционные материалы, которые впитывают масло.

Трубопроводы с топливом или другими воспламеняющимися жидкостями не должны располагаться вблизи горячих выхлопных труб.

Устанавливайте на выхлопных трубах искрогасители, если машина может работать в местах, где скапливаются воспламеняющиеся или взрывоопасные пары или газы.

Оборудуйте прицепы электрическими тормозами, которые срабатывают автоматически в случае, если прицеп начинает катиться под уклон.

Предусматривайте изоляцию на рукоятках инструмента, которым могут пользоваться при напряжении выше 50 *в*.

Предусматривайте использование неискрящих инструментов в тех случаях, когда есть опасность воспламенения или взрыва.

В прицепах, в которых могут находиться люди, все двери должны открываться как изнутри, так и снаружи.

Все прицепы должны иметь свои собственные тормозные системы, управляемые водителем головной машины.

В кабине водителя должны быть индикаторы, предупреждающие о любой опасности, которая грозит прицепу при движении. Сюда может входить предупреждение о пожаре, чрезмерном раскачивании кузова и т. д.

На прицепах с людьми следует предусматривать установки для кондиционирования воздуха, включаемые при сильной жаре.

В условиях холодного климата прицепы с людьми должны иметь соответствующую отопительную систему.

САМОЛЕТЫ

КАБИНА ПИЛОТА



Располагайте все органы управления, которыми пользуются в полете, в пределах зоны легкой досягаемости, чтобы пилот не поворачивался при пользовании органом управления.

Располагайте органы управления так, чтобы их нельзя было случайно сместить и чтобы они не мешали чтению показаний важных приборов и индикаторов.

Располагайте все визуальные индикаторы так, чтобы они были видны из нормального положения пилота. Обеспечивайте максимальную разборчивость показаний для данного расстояния считывания и ликвидируйте все, что может ввести пилота в заблуждение при чтении и расшифровке показаний приборов.

Удостоверьтесь, что направление движения всех органов управления согласуется с ответным движением самолета и указателями на индикаторах, а также с изменением функционального состояния различных элементов и агрегатов.

Предусмотрите оптимальную обратную связь для контроля всех действий пилота по управлению.

Обеспечьте каждого члена экипажа соответствующим сиденьем и креплением для устойчивости и безопасности, а также необходимыми средствами аварийного покидания самолета.

Создайте надежную систему жизнеобеспечения с учетом возможных аварийных ситуаций.

Предусмотрите хорошую чистку смотрового стекла и меры против его запотевания.

Снабдите внутренность кабины мягкой обивкой, чтобы свести до минимума травмы экипажа в случае аварии.

Не забудьте предусмотреть аварийные выходы для покидания самолета на земле.

Для военного самолета, совершающего полеты над морем, предусматривайте специальное аварийное оборудование, соответствующую одежду и запас питания.

Рассчитайте хорошую систему освещения в кабине. Примите меры против отражения приборов на смотровом стекле ночью, а также отражения солнечного света на циферблатах приборов днем.

Располагайте сидения и панели органов управления так, чтобы легко можно было занять и покинуть любое рабочее место. Особенно учтите, что, зацепившись одеждой, человек может потерять равновесие и упасть на другого члена экипажа или случайно сдвинуть важный орган управления.

22 Заказ № 492

ОТДЕЛЕНИЕ ДЛЯ ПАССАЖИРОВ

Обеспечьте пассажиров такими сиденьями и креплениями, которые сведут до минимума травмы при аварии. Особое внимание следует обратить на прочность ремней, крепящих человека к сиденью, а также на амортизационные материалы, предохраняющие людей от ударов.

Проектируйте соответствующее освещение как для нормальных, так и для аварийных условий в салоне самолета, у выходов, у запасных люков, у аварийного и противопожарного оборудования.

Предусмотрите достаточное число рационально расположенных выходов, чтобы дать возможность людям в минимальное время покинуть самолет. Замки дверей должны быть сделаны так, чтобы их нельзя было случайно открыть. Принимайте в расчет все возможные положения самолета и условия в нем во время вынужденной посадки как на землю, так и на воду.

Аварийное оборудование должно храниться так, чтобы его легко было обнаружить и достать как экипажу, так и пассажирам.

Создайте надежные аварийные системы подачи кислорода, поддержания нормального давления и т. д.

Надежно укрепляйте груз, чтобы он не перемещался.

Арматура и отделка должны крепиться прочно с учетом возможных осложнений полета.

Конструируйте вспомогательное оборудование, в том числе буфеты, туалеты и т. п., так, чтобы ничто не падало во время полета или при аварийной посадке.

Применяйте для отделки интерьера салона огнеупорные материалы.

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Внешние полетные огни должны делаться и устанавливаться так, чтобы обеспечивалась максимальная заметность самолета ночью.

Предусматривайте посадочные и осмотровые огни, необходимые пилоту для выполнения различных операций ночью (принимайте меры против раздражающего или слепящего действия прямого света и блескости).

Предусмотрите систему сигнализации, предупреждающей о возникновении опасности и позволяющей своевременно обнаружить такие аварийные нарушения, как загорание или отказ двигателя, неисправность шасси, люков и дверей, потеря давления в кабине и т. д. (на военных самолетах принимайте во внимание также состояние вооружения).

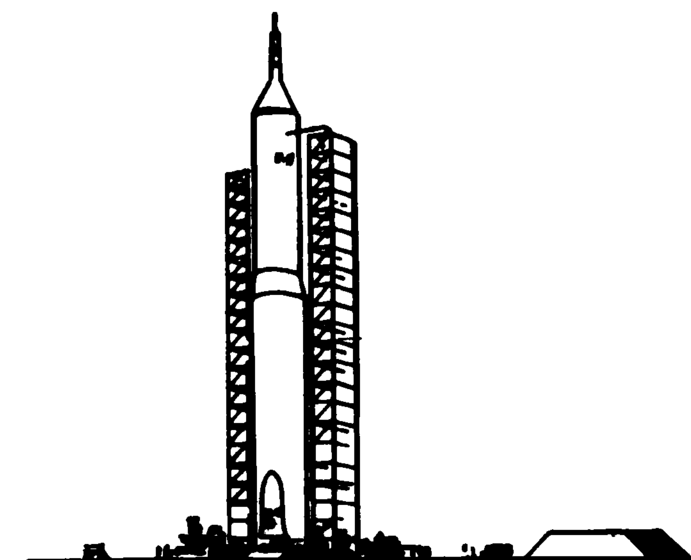
Обеспечивайте соответствующее заземление электрооборудования при его обслуживании как на земле, так и в полете.

Продумайте все опасности, подстерегающие персонал при уходе за оборудованием. Предусмотрите защиту персонала от острых углов на крыльях, хвостовом оперении и фюзеляже, исключите возможность случайного закрывания автоматически работающих дверей, а также травм при разрыве покрышек, нарушения трубопроводов высокого давления, неисправности всасывающего устройства реактивного двигателя, учтите возможность удара человека воздушным винтом и т. д.

РАКЕТНЫЕ БАЗЫ

Применяйте хорошо заметные плакаты, указывающие высокое напряжение, очень холодное или очень горячее оборудование и т. д.

Для приведения в действие органов управления, с помощью которых выполняются опасные операции, такие как зажигание, поворот кранов и т. д., предусмотрите предварительное включение соответствующей системы контроля. В некоторых случаях система контроля при достижении критических параметров может включать предупреждающие сигналы в зонах, подверженных опасности.



Предусмотрите сигнализацию, предупреждающую о приближении или наличии опасности (пожар, присутствие взрывоопасного или ядовитого газа, радиации и т. д.).

Снабдите предохранительными устройствами все движущиеся части станочного и транспортного оборудования, включая шкивы, ремни, шестерни, лопасти и т. д., которые могут зацепить персонал или нанести ему повреждение.

Установите автоматические блокировочные устройства на подъемниках и платформах, чтобы избежать случайных столкновений.

Применяйте надежные крепления и растяжки на стойках с высоко расположенным центром тяжести.

При необходимости особо обозначайте центр тяжести оборудования.

Устанавливайте поручни на платформах и лестницах, вокруг люков в полу и во всех местах, где люди могут упасть с возвышения.

Предусматривайте на заправочном оборудовании автоматические клапаны, чтобы избежать перелива или разбрызгивания горючего.

Там, где существует или может возникнуть опасность пожара, предусмотрите переносные ручные огнетушители.

Располагайте все аварийные двери и люки так, чтобы они были легко доступны и быстро открывались. Делайте двери и люки так, чтобы их можно было открыть одним движением руки или ноги.

Умывальники, души и различное другое оборудование первой необходимости должны быть в непосредственной близости от тех мест, где работают с ядовитыми материалами.

Предусмотрите меры для нейтрализации или смывания вредных веществ, пролитых на оборудование или людей.

Особо отмечайте площадки, где рабочие операции или уход за оборудованием должны производиться в специальной защитной одежде и требуют особых инструментов, в том числе безискровых, или такого снаряжения, как ботинки, перчатки и спецодежда из изолирующего материала. Естественно, что надо принять меры, чтобы такое снаряжение всегда имелось в наличии и хранилось в удобном месте.

Устанавливайте в нужных местах надписи: «Не входить».

Обозначайте грузоподъемность на кранах, подъемниках, лифтах, домкратах и подобных видах оборудования, чтобы избежать их перегрузки.

Четко обозначайте подъемные площадки.

Электрическая проводка должна быть смонтирована так, чтобы при вытаскивании штепсельной вилки или контакта не обнажались провода под напряжением.

Убедитесь, что все трубопроводы (для жидкости, газа, пара и т. д.) четко обозначены или закодированы соответствующим цветом. Проверьте также наличие необходимых описаний специфически опасных характеристик транспортируемых веществ.

ИЗОЛИРОВАННЫЕ ВОЕННЫЕ БАЗЫ



Предусмотрите аварийные силовые установки, чтобы избежать перебоев в функционировании оборудования базы.

Располагайте отдельные части базы так, чтобы каждую из них можно было изолировать в случае пожара.

Проектируйте такую сигнальную систему, с помощью которой можно оповещать весь персонал, где бы он ни располагался.

МОРСКИЕ СУДА

Предусмотрите изоляцию отсеков, чтобы можно было локализовать пожар, взрыв, затопление и т. д.

Установите резервную силовую установку.

Предусмотрите предохранительные поручни на всех открытых поверхностях палубы, где может находиться персонал.

Предусмотрите предупредительную сигнализацию для предупреждения своего персонала и для других судов.

Обеспечьте судно аварийно-спасательными лодками, имеющими на борту все необходимое: пищу, воду, средства связи, штормовую одежду, солнцезащитное снаряжение, средства первой помощи, фонари, сигнальные огни и т. д.

Располагайте оборудование, находящееся над персоналом, включая подвесное оборудование и трубы, так, чтобы люди не ударялись о него головой. Удостоверьтесь, что эти предметы хорошо освещены и по возможности обиты мягким материалом.

ПРИМЕЧАНИЕ. Предупреждающие знаки должны быть видны издали!

На палубных лестницах и трапах, которые могут стать мокрыми и скользкими, предусматривайте специальное нескользкое покрытие.

Крышки люков следует делать так, чтобы они могли оставаться открытыми (даже при сильной качке) и не падали на проходящих через люк людей.

Рулевой должен быть расположен так, чтобы он имел свободный круговой обзор. На больших кораблях, где это оказывается невозможным, должны быть предусмотрены дополнительные наблюдательные пункты, вахтенные на которых могут просматривать зоны, скрытые от рулевого. Между этими пунктами и рубкой должна быть хорошая связь.

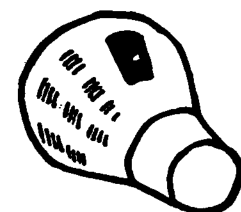
КОСМИЧЕСКИЕ КОРАБЛИ И СТАНЦИИ

Создайте для людей окружающую обстановку, подобную той, к которой они привыкли на земле. Предусмотрите индикаторы, немедленно предупреждающие о ненормальной работе элементов системы жизнеобеспечения.

Обеспечьте постоянное наблюдение за состоянием организма людей в космическом корабле.

Предусматривайте такие сидения и крепления для людей, которые снижают влияние перегрузок при запуске, приземлении, вращении и т. д.

Для облегчения действий людей в условиях невесомости предусмотрите вспомогательное оборудование: поручни, гнезда для ног и т. д. Не допускайте острых углов и краев в кабине, заделывайте ручки органов управления так, чтобы они не выступали.

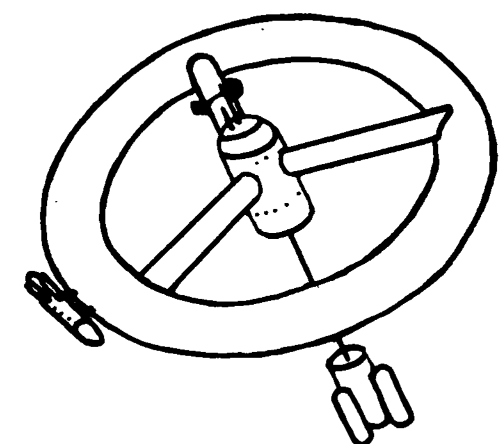


Принимайте в расчет влияние сил Кориолиса на движения и оперативные возможности человека, находящегося на вращающейся космической станции с искусственной гравитацией.

Предусмотрите необходимую защиту от солнечной радиации.

Разработайте систему быстрого обнаружения мест повреждения от попадания метеорита.

Все окна должны быть защищены от прямого солнечного света.



Обеспечьте человека средствами спасения жизни при всех аварийных ситуациях, где бы они ни возникли — в космосе, в воздухе, в воде, или на земле.

Предусмотрите предохранительные крепления для людей, которые, выполняя задания, выходят из космического корабля или станции в открытый космос.

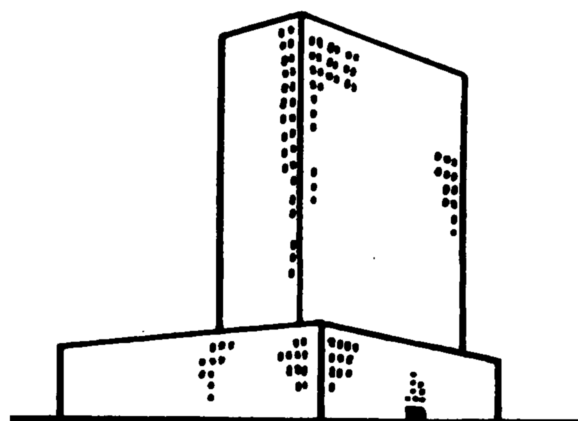
Предусмотрите изоляцию отсеков на случай пожара, взрыва, потери давления и т. д.

Предусмотрите дополнительные силовые установки, которые могут обеспечить работу части корабля или станции, оставшейся неповрежденной при аварии.

ГОСПИТАЛИ

Предусмотрите аварийный источник энергии, независимый от основной электрической сети.

Обеспечьте важные объекты (например, операционные и т. п.) аварийной системой освещения.



Создайте возможность изоляции части здания на случай пожара или другого бедствия.

Предусмотрите меры аварийной эвакуации больных, не способных самостоятельно передвигаться.

Все переходы и лестницы должны иметь перила.

Все настилы полов должны быть нескользкими.

При проектировании госпиталей и их оборудования следует обеспечить отсутствие острых углов и краев у оборудования и соответствующее его размещение без выступающих в проход деталей.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДЫХАНИЯ

МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ГАЗОВ, ПАРОВ, ПЫЛИ И ДЫМА ВО ВДЫХАЕМОМ ВОЗДУХЕ [32, 33]

Пыль (млн. частиц на 1 $м^3$)	
Асбест	150
Карбид кремния (карборунд)	1500
Кирпичная пыль	120
Кремнезем	
более 50% свободного SiO_2	150
от 5 до 50% свободного SiO_2	600
менее 5% свободного SiO_2	1500
Органические частицы	1500
Портланд-цемент	1500
Слюда	
менее 5% свободного SiO_2	600
Стеарит	
менее 5% свободного SiO_2	600
Тальк	600
Цемент	450
Шифер	450
Пыль, раздражающая дыхательные пути	1500
Газы и пары (части на 1 млн. частей воздуха)	
Азотная кислота (дымящаяся)	5
Амилацетат	200
Амиловый спирт	100
Аммиак безводный	100
Анилин	5
Ацетон	1000
Бензин	500
Бензол	25
Бромистый метил	30
Бромистый этил	1700
Бутанол	50
Бутилацетат	20
Двуокись углерода	5000
Дихлорбензол	50
Дихлорэтиловый эфир	15
Каменноугольная смола	200
Ксилол	100
Метиловый спирт (метанол)	200
Нефть	500
Нитробензол	5
Озон	0,1
Окись углерода	100
Перекись водорода	1
Пропиловый (изопропиловый) спирт	400
Сернистый ангидрид	5
Сероводород	20
Сероуглерод	20
Скипидар	100
Соляная кислота	10
Тетрахлорметан	25
Тетрахлорэтан	10
Тетрахлорэтилен	200
Толуол	200
Треххлористый фосфор	1
Формальдегид	20
Фосген	1
Фтор	0,1
Фтороводород	3
Хлор	1
Хлорбензол	75
Хлористый метил	500
Хлористый этил	70
Хлороводород	5
Хлороформ	100
Цианистый водород	20
Этиловый спирт	1000
Эфир (этиловый)	400
Металлическая пыль и дым (*мг/$м^3$*)	
Дифенилхлорид	1,0
Кадмий	0,1
Марганец	6
Окись алюминия	50
Окись цинка	15
Ртуть	0,1
Свинец (и его соединения)	0,15
Хромовая кислота	0,1
Табачный дым	
Загрязнение воздуха на 40% (т. е. сквозь дым проходит только 60% света)	

ЛИТЕРАТУРА

1. *Lichtenstein M.*, *Woodson W. E.*, A Human Engineering Evaluation of an Experimental Dial Index Design (Navy Electronics Lab., Internal Tech. Mem. № 94), 27 July 1953.

2. *Baker C. A.*, *Grether W. F.*, Visual Presentation of Information (Air Force. Wright Air Development Center, Tech. Rep. № 54-160), 1964.

3. *Bowen H. M.* et al., Optimum Symbols for Radar Displays (Office of Naval Research, prepared by Dunlap and Associates, Contract № Nonr 2682(00)), 1 Sept. 1959.

4. *Fogel L. J.* ,,A New Concept: The Kinalog Display System'', *Human Factors*, **1**, № 2, 30—37 (1959).

5. *Wright L. C.*, The Air Force Program for Improved Flight Instrumentation (Air Force. Wright Air Development Center, Tech. Rep. № 56-582), Nov. 1956.

6. The Bendix Corporation, Eclipse-Pioneer Division, The Bendix Propulsion Data System: Information Brochure (Publication № 6111-24).

7. Cornell Aeronautical Laboratory. Pocket Data for Human Factor Engineering (Cornell Univ., Buffalo 21, N. Y.), 1958.

8. *Bradley J. V.*, Control-Display Association Preferences for Ganged Controls (Air Force. Wright Air Development Center, Tech. Rep. № 54-379), Aug. 1954.

9. *Hunsicker P. E.*, Arm Strength at Selected Degrees of Elbow Flexion (Air Force. Wright Air Development Center, Tech. Rep. № 54-548), 1955.

10. *Thomson R. M.* et al., Arrangement of Groups of Men and Machines (Office of Naval Research, ONR Rep. № ACR-33), Dec. 1958.

11. *Randall F. E.* et al., Human Body Size in Military Aircraft and Personal Equipment (Air Force. Air Materiel Command, Tech. Rep. №.5501), 10 June 1946 (PB 33108).

12. National Safety News ,,Stairs and Ramps'', *Nat. Safety News*, **51**, № 3. 106 (1945).

13. Illuminating Engineering Society, Committee on Residence Lighting ,,Functional Visual Activities in the Home'', *Illuminating Eng.*, **46**, № 7, 375—382 (1951).

14. American Standards Association, American Standard Practice for Industrial Lighting (sponsored by Illuminating Engineering Society; American Standards Association, Rep. № A11. 1), 1952.

15. *Farnsworth D.*, Developments in Submarine and Small Vessel Lighting (Submarine Base, New London, Medical Research Lab., BuMed Project NM 002 014.02.01, Rep. № 209), 8 Sept. 1952.

16. Air Force-Navy Aeronautical Bulletin, Plastic Lighting Plate Marking and Control Design, 16 March 1953.

17. Faber Birren Company, Application of Color to Shore Establishements for the United States Navy Bureau of Yards and Docks, Faber Birren Company, 500 Fifth Avenue, New York, 1948.

18. Department of the Navy, Bureau of Yards and Docks Design Manual: Architecture, NAVDOCKS DM-1, Febr. 1962.

19. General Services Administration, Federal Supply Service, Standartization Division, Specifications and Standards Branch, Federal Standard № 595: Color (Federal Supply Service, Washington, 25, D. C.), 1 March 1956.

20. Air Force. Ballistic Missile Division, Gas and Fluid Line Identification for Use in Missile and Space Systems (Ballistic Missile Div., Inglewood, Calif., AFBM Exhibit № 58-20), 7 October 1958.

21. *Bagenal H.*, Practical Acoustics and Planning against Noise, Chemical Publishing Company, 1942.

22. *Beranek L. L.*, Acoustics, McGraw-Hill, 1954.

23. Commitee on the Hygiene of Housing Standards for Healthful Housing: Construction and Equipment of the Home (Public Administration Service, Special Publication № 56), 1951.

24. *Strasberg M.*, Criteria for Setting Airborne Noise Level Limits in Shipboard Spaces (Bureau of Ships, Rep. № 371-N-12), 15 July 1952.

25. *Beranek L. L.*, ,,Airplane Quieting. II. Specification of Acceptable Noise Levels'', *Trans. Am. Soc. Mech. Eng.*, **69**, 97—100 (1947).

26. *Winslow C. E. A.*, *Herrington L. P.*, Temperature and Human Life, Princeton Univ. 1949.

27. Paul Webb Associates (comp.) NASA Life Sciences Data Book (National Aeronautics and Space Administration, Office of Manned Space Flight, Washington 25, D. C.), June 1962.

28. *Linder G. S.*, ,,Mechanical Vibration Effects on Human Beings'', *Aerospace Medicine*, 939—950, Aug. (1962).

29. *Parks D. L.*, ,,Defining Human Reaction to Whole-Body Vibration'', *Human Factors*, **4**, № 5, 305—314 (1962).

30. *Barbiere R. E.* et el., A Radiobiology Guide (Air Force. Wright Air Development Center., Tech. Rep. № 57-118-1), 1958.

31. *Shipps P.*, *Frick J.*, ,,Passenger Density and Accommodations as Factors in Supersonic Transport Design'', Preprint of paper prepared for Society of Automotive Engineers, National Aeronautic Meeting, 1961.

32. *Altman J. W.* et al., Guide to Design of Mechanical Equipment for Maintainability (Air Force. Aerospace Systems Div., Tech. Rep. № 61-381), Aug. 1961.

33. *Breeze R. K.*, Space Vehicle Environmental Control Requirements Based on Equipment and Psychological Criteria (Prepared by North American Aviation, Inc., Air Force. Aerospace Systems Div., Tech. Rep. № 61-161), Dec. 1961.



NataHaus

Глава

3

зрение

Стр. 3-1 зрение

3-2 СТРОЕНИЕ ГЛАЗА

3-4 ФУНКЦИИ ГЛАЗА

3-4 Аккомодация
3-6 Конвергенция
3-6 Саккадические движения глаз
3-7 Зрительное поле
3-8 Характеристики палочек и колбочек

3-10 ПОРОГИ ЗРИТЕЛЬНОГО ОЩУЩЕНИЯ

3-14 ОСТРОТА ЗРЕНИЯ

3-18 ПРОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗРЕНИЯ

3-18 Суммирование и взаимодействие ощущений
3-18 Стереоскопическое зрение
3-19 Одиночные и двойные образы
3-19 Кажущееся движение
3-20 Оптические иллюзии
3-21 Последовательные образы

3-21 ФАКТОРЫ, ОБЛЕГЧАЮЩИЕ ЗРИТЕЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ

3-22 ЦВЕТ

3-23 Зоны чувствительности
3-23 Образование цвета
3-24 Трихроматическая система
3-25 Эстетика цвета
3-26 Отклонения от норм в восприятии цвета

3-28 ПСИХОФИЗИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ

3-29 ЛИТЕРАТУРА





зрение

Зрительные ощущения зависят от света и от воспринимающего его рецептора — глаза. Посредством зрения мы имеем возможность воспринимать форму, цвет, яркость и движение. Подсчитано, что 80% знаний мы получаем с помощью органа зрения.

Светочувствительная часть глаза является как бы продолжением мозга, и нервная сеть глаза почти так же сложна, как и мозговая ткань. Прежде чем возникнет зрительное ощущение, световая энергия должна вызвать целую цепь химических, нервных и психических процессов. Воспринятые глазом сигналы передаются в зрительные центры мозга для интеграции, оценки и осмысления.

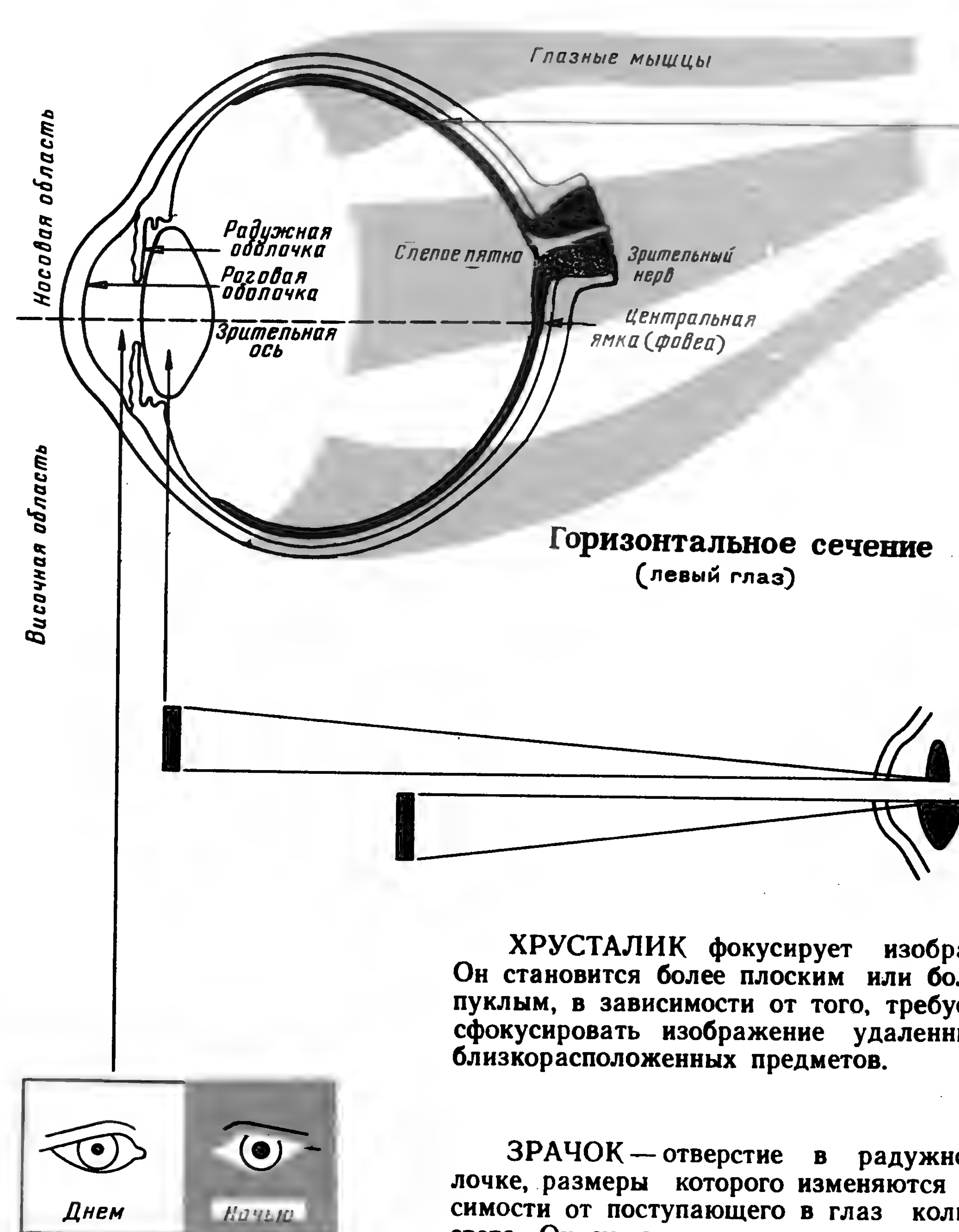
В этой главе делается попытка познакомить читателя с некоторыми основными особенностями зрительной системы — ее анатомией, физиологией и психологией. В ней сообщается основная информация, на которой базируются многие рекомендации предыдущей главы.

NataHaus

СТРОЕНИЕ ГЛАЗА

При помощи глаза, который в некотором отношении работает подобно современным фотоаппаратам, мы получаем все зрительные впечатления о мире.

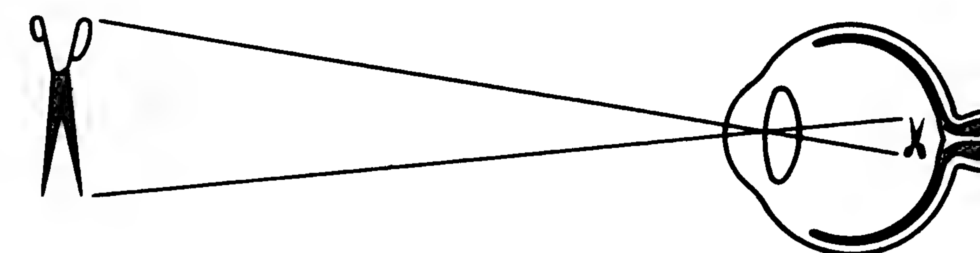
ГЛАЗНЫЕ МЫШЦЫ фиксируют глаз на рассматриваемом объекте и двигают глазное яблоко вверх или вниз, вправо или влево.



Горизонтальное сечение
(левый глаз)

ХРУСТАЛИК фокусирует изображение. Он становится более плоским или более выпуклым, в зависимости от того, требуется ли сфокусировать изображение удаленных или близкорасположенных предметов.

ЗРАЧОК — отверстие в радужной оболочке, размеры которого изменяются в зависимости от поступающего в глаз количества света. Он сужается, закрывая доступ излишнему свету, когда интенсивность света возрастает, и расширяется, когда интенсивность света уменьшается.



СЕТЧАТКА (ретина) принимает свет, отраженный от объекта; этот свет, преломленный хрусталиком, образует на сетчатке перевернутое изображение. Светочувствительные нервные рецепторы на сетчатке называются палочками и колбочками.

Перевернутое изображение преобразуется в нервные импульсы, которые передаются по зрительному нерву в мозг. Система импульсов, вызванных изображением на сетчатке, обусловливает соответствующую систему нервных импульсов, поступающих в мозг; эти импульсы образуют основу, позволяющую мозгу «видеть» прямое изображение. Нервные волокна от правой и левой половины каждой сетчатки идут в зрительный центр соответствующей стороны мозга, как показано на рисунке.

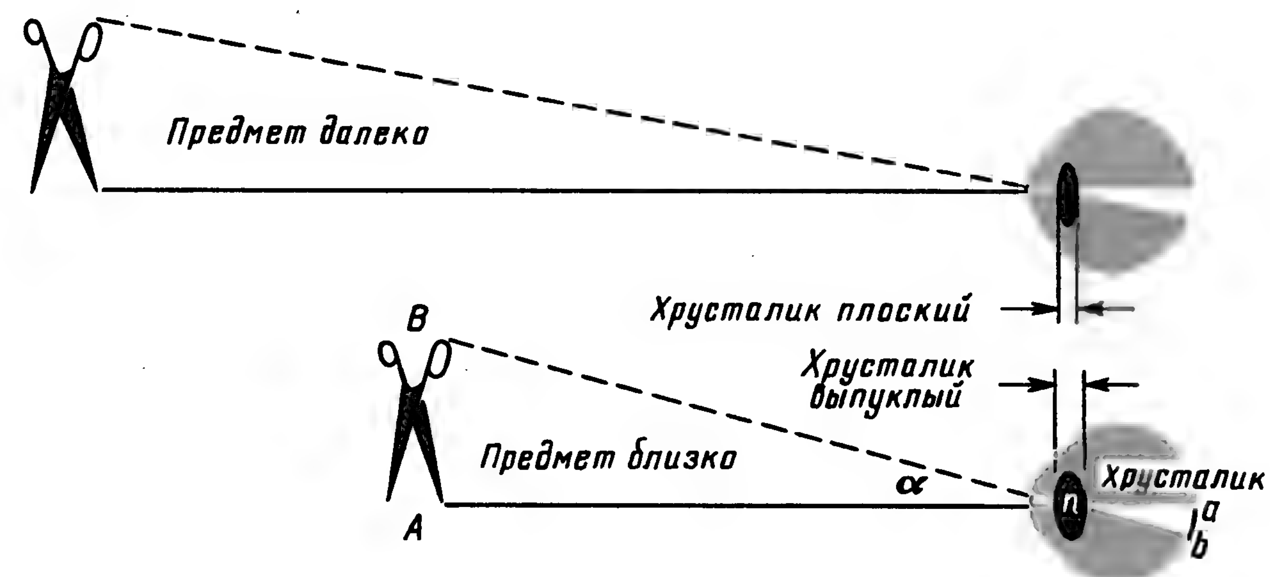


NataHaus

ФУНКЦИИ ГЛАЗА

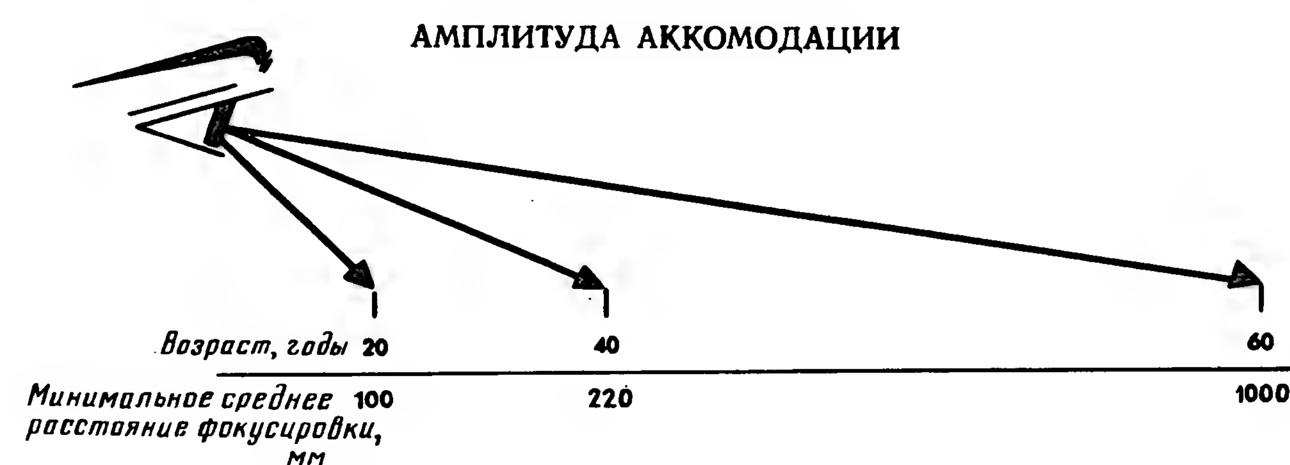
аккомодация

Аккомодация — процесс фокусирования хрусталика на близкие или далекие предметы. С возрастом хрусталик утрачивает свою эластичность. Если глаз ребенка способен аккомодироваться к предмету на расстоянии 60 *мм*, то глаз взрослого, скажем в 40 лет, в общем случае уже не может фокусироваться на предметы, расположенные ближе 150 *мм*. Такое затвердевание хрусталика, связанное с возрастом и мешающее нормальной аккомодации, известно под названием пресбиопии (старческой дальнозоркости). Объекты, расположенные на расстоянии порядка 6 *м* и далее от наблюдателя, находятся по существу в оптической бесконечности, и фокусирование на эти объекты не требует аккомодации.



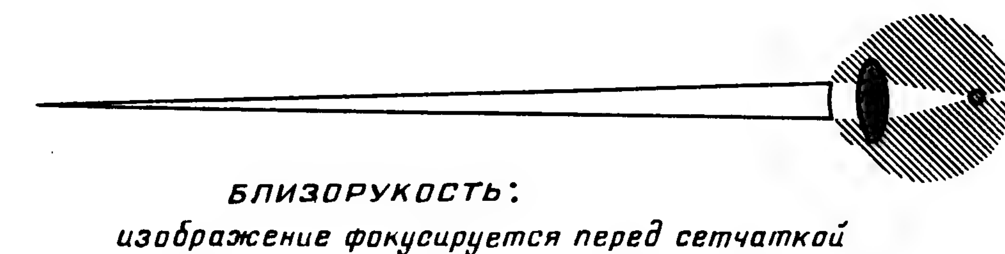
Размер изображения предмета на сетчатке можно легко подсчитать с помощью уравнения $AB/ab=An/an$, если известны размер объекта и его расстояние до глаза. Расстояние *an* можно принять равным 20 *мм*. Размеры воспринимаемых предметов обычно выражаются через угол зрения, в данном случае через угол α.

АМПЛИТУДА АККОМОДАЦИИ

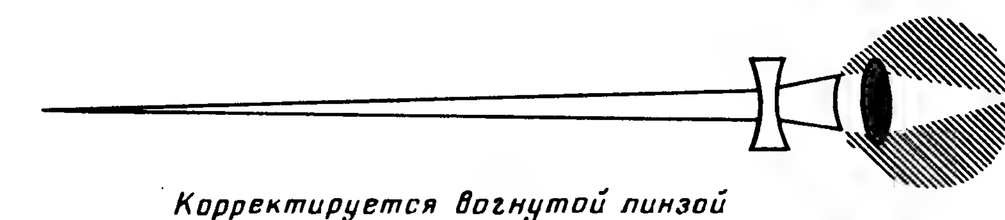




НОРМАЛЬНОЕ ЗРЕНИЕ:
изображение фокусируется на сетчатке



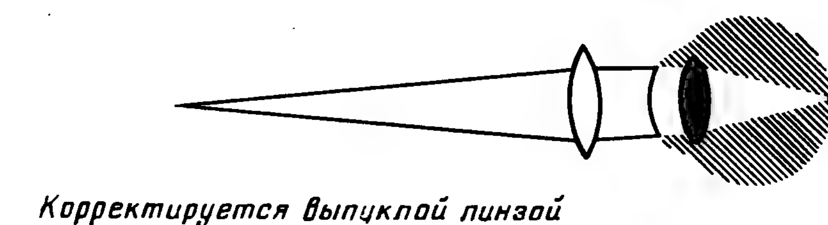
БЛИЗОРУКОСТЬ:
изображение фокусируется перед сетчаткой



Корректируется вогнутой линзой



ДАЛЬНОЗОРКОСТЬ:
изображение фокусируется за сетчаткой



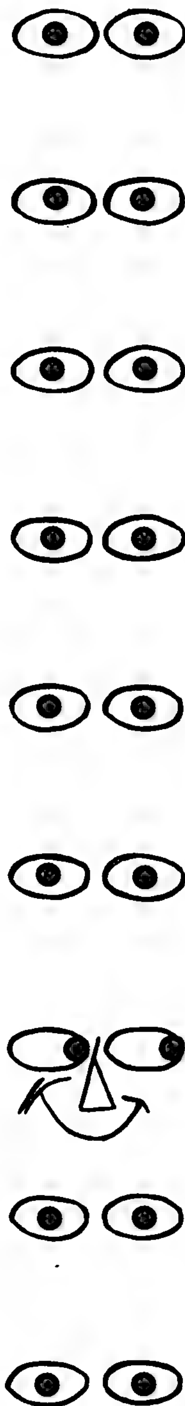
Корректируется выпуклой линзой

Наиболее распространенные отклонения от нормального зрения — близорукость и дальнозоркость. Эти отклонения, как правило, можно компенсировать с помощью очков со специально подобранными линзами.

NataHaus

конвергенция

Конвергенция, т. е. акт нацеливания обоих глаз на одну точку, является совместной функцией глазных мышц и хрусталика. Среднее время, необходимое для нацеливания глаз и их фокусировки на новую точку, смещенную на некоторое расстояние, равно приблизительно 165 *мсек*. Это действие называется фиксацией и рефиксацией. Средняя продолжительность фиксаций (например, при чтении) составляет около 200 *мсек*. На расстояниях, превышающих 6 *м*, время конвергенции, требуемое для фиксации глаз на объекте, настолько мало, что его можно не принимать во внимание.



саккадические движения глаз

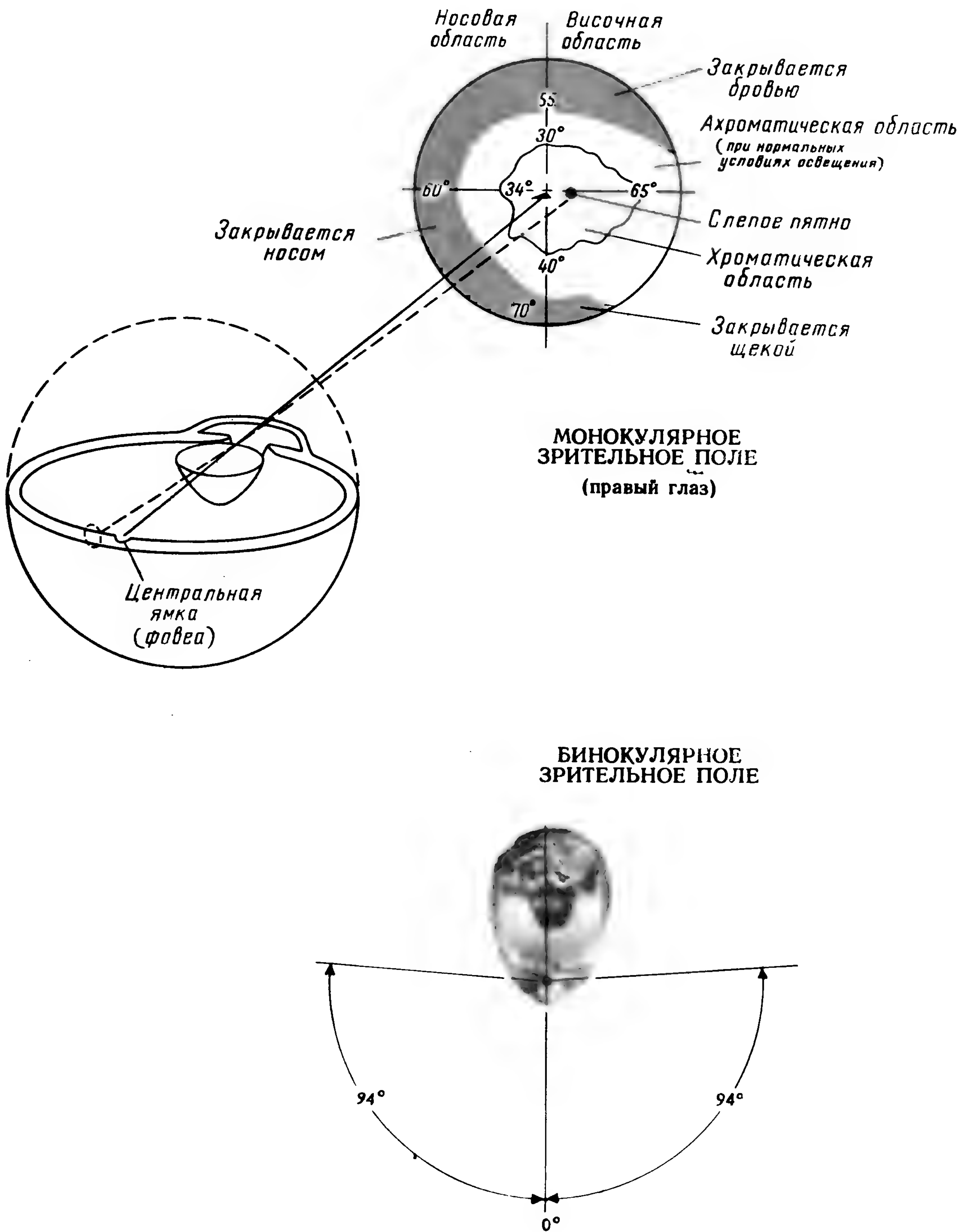
По Вудворту, саккадические движения глаз — это простые сопряженные движения, которые не сопровождаются изменениями конвергенции. Это координированные движения обоих глаз, даже если объект виден только одним глазом. Движение глаз при чтении пяти букв обычного печатного текста на расстоянии 0,35 *м* от глаз занимает 15—20 *мсек*. Приводимая ниже таблица ([7]; см. список литературы на стр. 3-29) показывает продолжительность движений различной амплитуды. Движение в 20° соответствует примерно 100 *мм* на листе, расположенном на расстоянии 0,35 *м* от зрителя.

АМПЛИТУДА ДВИЖЕНИЯ, *град*	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ, *мсек*
10	40
20	55
30	80
40	100



зрительное поле

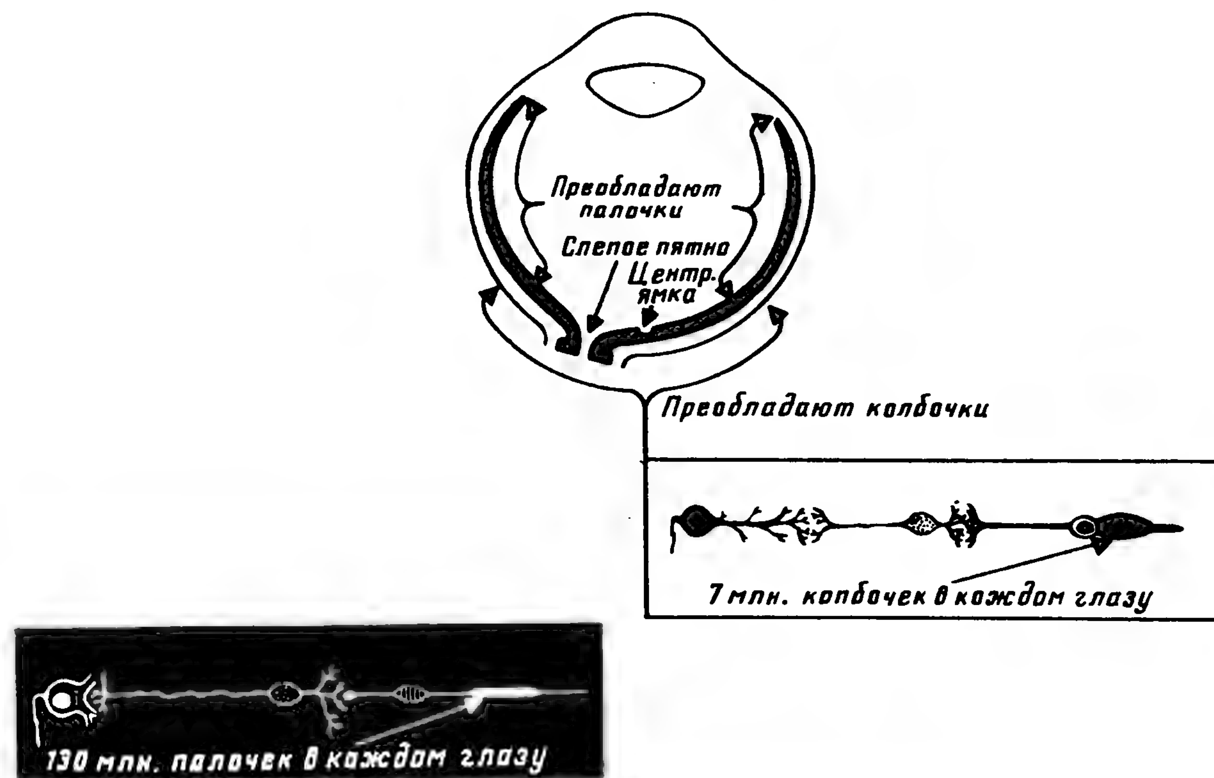
Зрительное поле — измеряемая в градусах область, видимая фиксированным глазом.



МОНОКУЛЯРНОЕ ЗРИТЕЛЬНОЕ ПОЛЕ
(правый глаз)

БИНОКУЛЯРНОЕ ЗРИТЕЛЬНОЕ ПОЛЕ

NataHaus



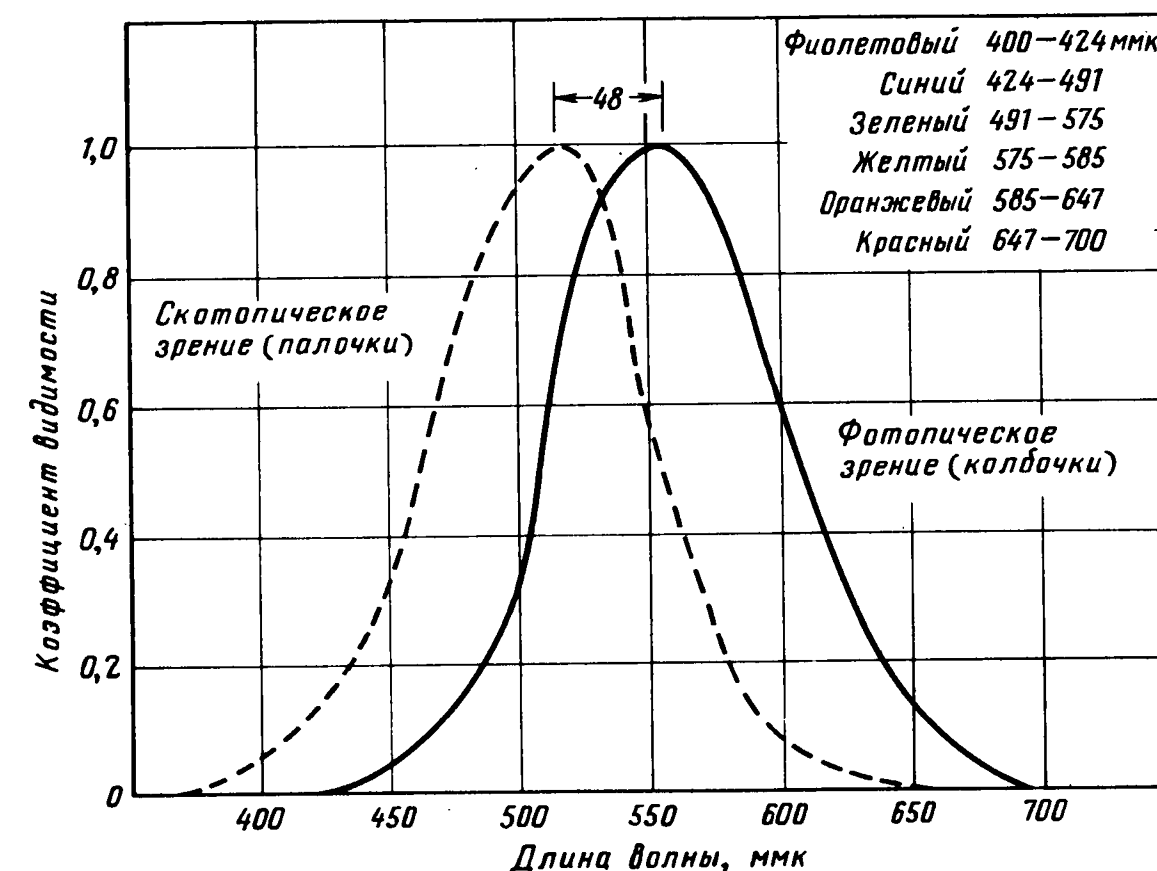
характеристики палочек и колбочек

В глазу имеется два вида нервных клеток. *Палочки* принадлежат к системе, которая может воспринимать только черный, белый и оттенки серого цвета. *Колбочки* составляют другую систему, позволяющую воспринимать хроматические цвета при условии, что освещенность превышает некоторый минимум, ниже которого цвет вообще не воспринимается. Области, в которых преобладают соответственно палочки или колбочки, показаны выше на горизонтальном сечении глаза. *Фовеа («центральная ямка»)* содержит только колбочки. *Слепое пятно* — это место, где зрительный нерв входит в сетчатую оболочку; в этом месте нет ни палочек, ни колбочек, необходимых для восприятия зрительных сигналов.

Когда освещенность превышает приблизительно 0,1 *лм/м*², используется цветочувствительная (колбочковая) система зрения; когда же освещенность ниже приблизительно 0,01 *лм/м*², используется система сумеречного (палочкового) зрения. При освещенности между 0,1 и 0,01 *лм/м*² возникают условия для реагирования обеих систем; мы используем это смешанное («мезопическое») зрение на рассвете или при заходе солнца, когда можем различать цвет неба, но объекты на земле видим окрашенными только в оттенки серого.

Адаптация — процесс, при котором глаз приспосабливается к изменениям уровня освещенности воспринимаемых объектов. Например, при резком снижении общей освещенности, скажем при выключении электрического света, начинается процесс темновой адаптации. При этом в зрительном рецепторе восстанавливается вещество, получившее название «зрительного пурпура». Действие палочек основано на реакции «зрительного пурпура» под воздействием света. Время, необходимое для «привыкания» (неполной адаптации) к затемненной комнате, равно примерно 15 *мин*. Время полной темновой адаптации (переход к палочковому зрению) составляет около 30 *мин* и более. Скорость адаптации зависит от интенсивности действовавшего до этого света. Световая адаптация (переход к колбочковому зрению) происходит гораздо быстрее, занимая всего несколько секунд.

Глаз чувствителен только к относительно небольшому участку спектра электромагнитных волн: длины волн видимой части спектра лежат между длинными — инфракрасными и короткими — ультрафиолетовыми лучами. В пределах этого участка спектра не все длины волн одинаково воздействуют на сетчатку. По мере уменьшения освещенности меняется относительная яркость цветов ввиду постепенного перехода от колбочкового к палочковому зрению. Чувствительность этих двух систем к длинам волн видимого спектра различна, как показано на приведенном ниже графике [12].



Здесь по оси ординат отложены обратные значения минимально воспринимаемой энергии для света различной длины волны (*скотопическое* зрение) или для условий умеренно яркой стандартной освещенности (*фотопическое* зрение). Кривые приведены к общей шкале путем уравнивания их максимумов. На шкале же абсолютных интенсивностей кривая, соответствующая палочковому зрению, была бы расположена значительно ниже кривой колбочкового зрения. Заметьте, что воспринимаемая относительная яркость цвета возрастает для малых длин волн (влево от точки пересечения скотопической и фотопической кривых) при переходе к более низким уровням освещенности. Зеленый, сине-зеленый и синий видимы (не обязательно как цвет) при более низких интенсивностях, чем цвета большей длины волны.

Если освещение производится светом с длиной волны больше чем 620 *ммк* (красный), то в высокой степени обеспечивается адаптация скотопической (палочковой) системы, так как такой свет возбуждает главным образом фотопическую (колбочковую) систему. По этой причине рекомендуется освещать приборы в кабинах самолетов красным светом,

NataHaus

ПОРОГИ ЗРИТЕЛЬНОГО ОЩУЩЕНИЯ

Минимальная интенсивность света, воспринимаемая после полной темновой адаптации, называется АБСОЛЮТНЫМ ПОРОГОМ зрения. Для появления зрительного ощущения достаточно чрезвычайно малого количества света, приблизительно равного всего лишь 1/1 000 000 000 *ламберта*. Теоретически подсчитано, что такое малое количество световой энергии, как 6 квантов, достигая сетчатки, с большой степенью вероятности может вызвать зрительное ощущение. Однако нас в данном случае интересует не абсолютный порог зрительных ощущений, а проблема обнаружения светового сигнала на фоне, имеющем более низкий уровень освещенности. Отношение интенсивности светового сигнала к яркости фона называется контрастным отношением, или ЯРКОСТНЫМ КОНТРАСТОМ. Минимальное отношение яркостей, при котором световой сигнал еще может быть воспринят, соответствует ПОРОГУ ЯРКОСТНОГО КОНТРАСТА.

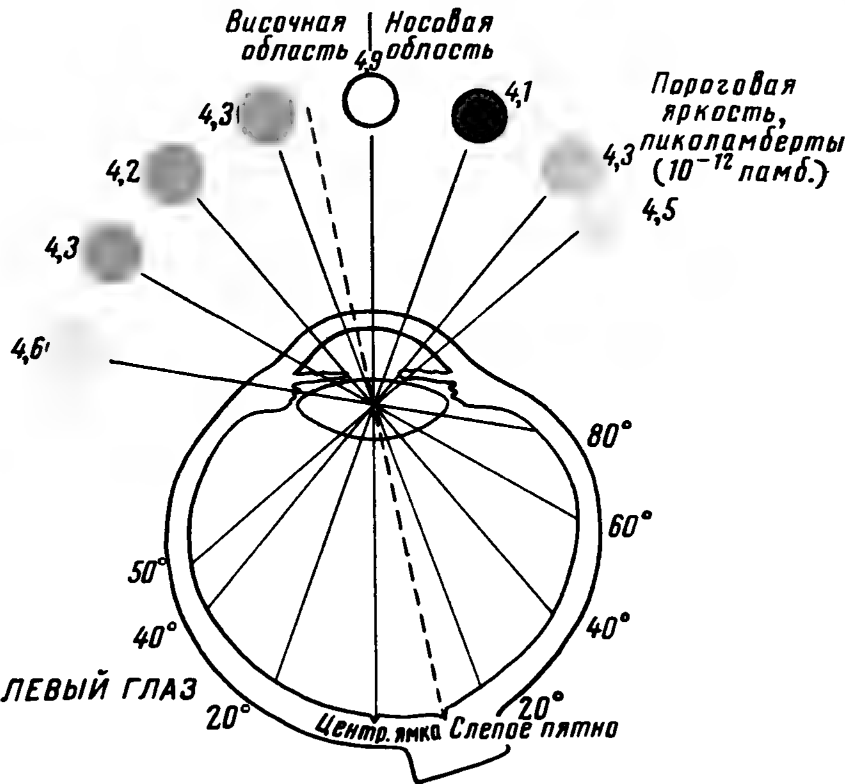
	Логарифм видимой освещенности, выраженной в футосвечах	Логарифм яркости фона, выраженной в миллиламбертах
Фотопическое	−5	4
	−6,25	2
	−7,60	0
Мезопическое	−8,3	−2
	−8,8	−4
Скотопическое	−9,6	−6
	−9,8	Полная темнота

Световой сигнал, имеющий даже малую интенсивность, может быть хорошо виден на темном фоне, но чтобы быть видимым на ярком фоне, световой сигнал должен быть более высокой интенсивности, как это вытекает из помещенной выше таблицы.

Восприятие светового сигнала зависит не только от яркостного контраста между наблюдаемым объектом и фоном, но также и от площади светового сигнала, выражаемой через угол зрения. Таблица внизу страницы [2] показывает влияние размера объекта на условия его восприятия на совершенно темном фоне. Представлены значения яркости для круглых пятен различного диаметра (выраженного в дуговых минутах), воспринимаемых с одного и того же расстояния.

При уменьшении яркости объекта его размер должен увеличиваться, чтобы он оставался видимым:

ЕДВА ВИДИМАЯ ЯРКОСТЬ (логарифмы футоламбертов)	—2,2	—2,7	—3,25	—4,5	—4,75	—5,6	—5,8
ДИАМЕТР ПОВЕРХНОСТИ (дуговые минуты)	0,3	0,5	1	6	10	60	100

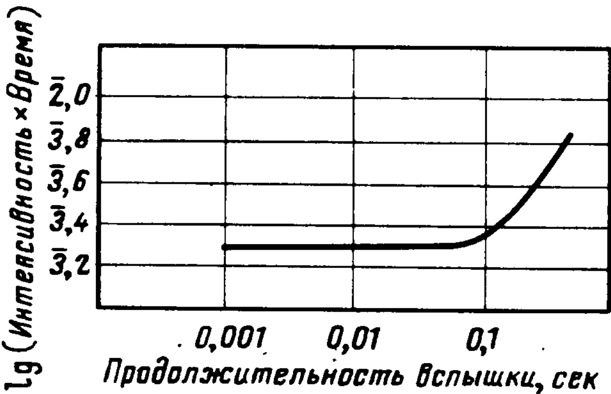


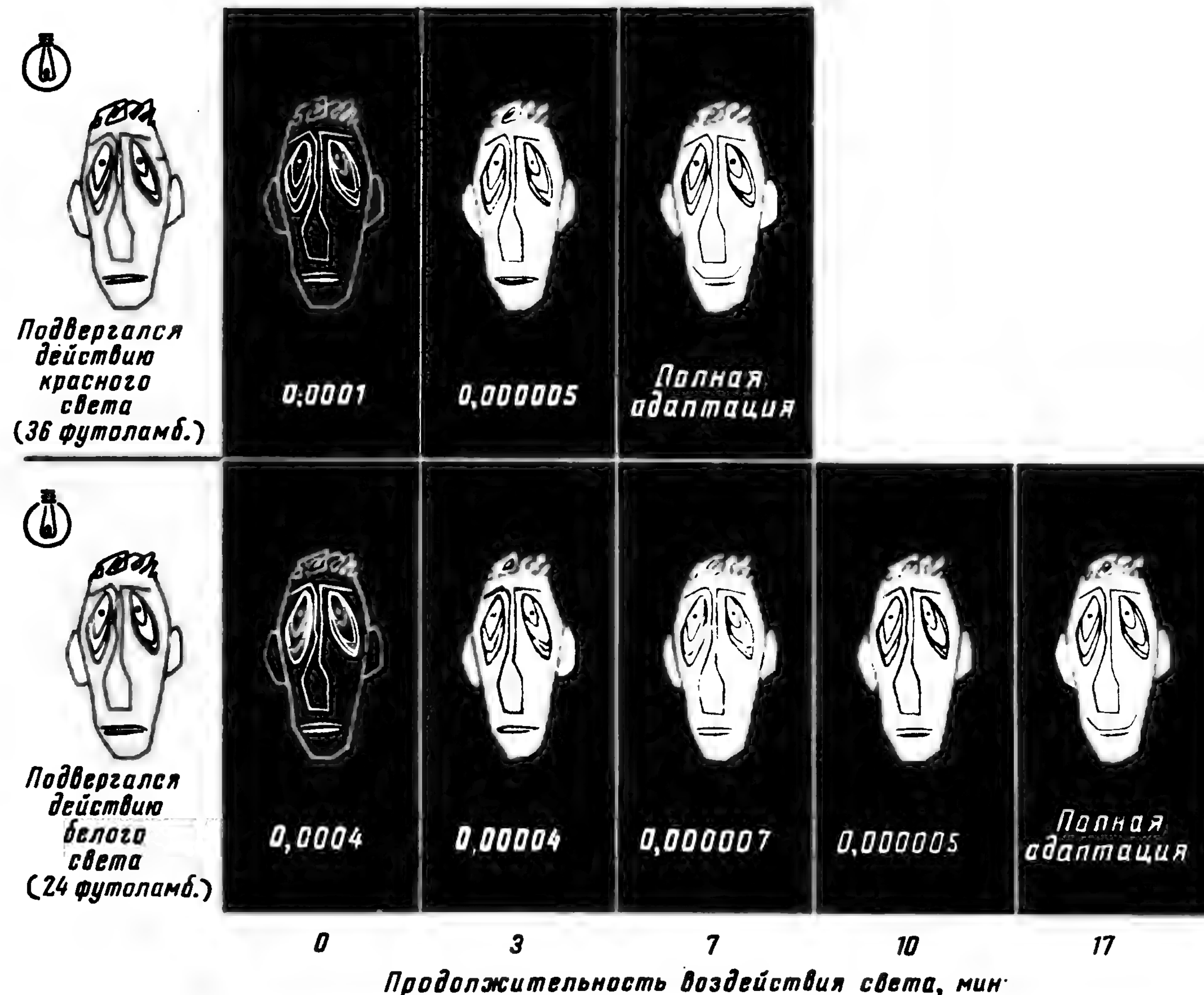
На иллюстрации вверху [17] показана чувствительность разных частей сетчатки в ночных условиях восприятия. Самая большая чувствительность приходится на участок, расположенный приблизительно под 40° от центральной ямки (фовеа) в носовой области сетчатки и под 20° от центральной ямки в височной области.

Короткие вспышки света, чтобы быть видимыми, должны иметь большую интенсивность, чем длительные вспышки. При продолжительности менее 0,1 *сек* вспышки равной интенсивности характеризуются одинаковой видимостью.

Порог видимости короткой вспышки света зависит от общей энергии вспышки: видимость вспышки возрастает при увеличении ее продолжительности. Поэтому, как уже указывалось, менее продолжительная вспышка, чтобы быть видимой, должна обладать большей интенсивностью, чем более продолжительная. Такая обратная пропорциональность между интенсивностью и временем справедлива, однако, только вплоть до критической длительности порядка 0,1 *сек*. Для более длительных вспышек порог видимости зависит только от интенсивности и не зависит от времени.

На помещенном ниже графике горизонтальная линия показывает диапазон длительностей, в пределах которого произведение интенсивности вспышки на ее длительность есть величина постоянная [9].





ЯРКОСТЬ (В ФУТОЛАМБЕРТАХ) МИНИМАЛЬНО ОЩУТИМОГО СВЕТА УКАЗАНА В КАЖДОМ ПРЯМОУГОЛЬНИКЕ

Выше показано, как интенсивность минимально ощутимого света меняется в зависимости от времени пребывания наблюдателя в темноте, если он до этого находился в течение некоторого времени при красном или белом освещении указанной яркости [11]. Эти данные являются средними для десяти человек. При предварительном освещении красным светом человек быстрее восстанавливает реакцию на сигналы слабых источников света, чем при освещении белым светом. Кроме того, в первом случае ему требуется меньше времени для полной адаптации.

Едва заметная разница между двумя интенсивностями называется ПОРОГОМ РАЗЛИЧЕНИЯ. Величина этого порога в некоторой степени зависит от длины волны сравниваемых источников, но в еще большей степени от интенсивности эталонного источника. В обычных условиях контрастная чувствительность улучшается при повышении интенсивности сигналов.

Отношение яркости поля индикатора к яркости окружающего его фона существенно влияет на условия различения тонких деталей в пределах поля индикатора [6]. Когда яркость окружающего фона приближается к яркости воспринимаемого пятна, контрастная чувствительность в пределах поля индикатора повышается. Так, при слежении по электронно-лучевому прибору наилучшая контрастная чувствительность достигается, когда яркость окружающего прибор фона приблизительно равна яркости экрана прибора. Если яркость окружающего фона превышает яркость экрана прибора более чем в 10 раз, контрастная чувствительность зрения к изменениям яркости на экране прибора резко ухудшается. Тот же эффект, но в значительно меньшей степени наблюдается, когда яркость окружающего фона меньше яркости экрана прибора. Эти эффекты относятся ко всем приборам, требующим тонкого различения яркостных контрастов.

ЧАСТОТА СЛИЯНИЯ МЕЛЬКАНИЙ — это частота, при которой последовательные вспышки света начинают восприниматься как постоянное свечение. Частота слияния мельканий повышается с возрастанием интенсивности вспышек и с уменьшением отношения продолжительности свечения к продолжительности паузы в пределах цикла. При высоких интенсивностях она достигает 50—60 колебаний в секунду. Если длительность вспышек равна длительности пауз, т. е. каждая составляет 50% цикла, то при частоте 10 мельканий в секунду мигающий свет воспринимается как вдвое более яркий, чем непрерывный свет той же интенсивности.

Это явление представляет интерес, поскольку такая частота мельканий совпадает с частотой альфа-ритма головного мозга человека — флуктуаций биоэлектрических потенциалов. Увеличение яркости, возможно, происходит вследствие синхронизации импульсов от визуальных стимулов с альфа-волнами мозга [1]. На графике справа показано изменение яркости мелькающего света при равенстве длительностей вспышек и пауз в зависимости от частоты вспышек, изменяющейся от 0 до 20 циклов в секунду. Для сравнения на графике представлена также яркость постоянного источника света. Из графика видно, что максимум яркости совпадает с альфа-ритмом при 10 вспышках в секунду.



ОСТРОТА ЗРЕНИЯ

Острота зрения может быть определена и измерена несколькими способами, которые дают различные результаты в зависимости от условий измерения. Один из наиболее часто используемых способов состоит в том, что острота зрения выражается как обратная величина угла, под которым самый малый еще различимый предмет виден глазом; за вершину угла во всех практически важных случаях можно принять центр хрусталика.

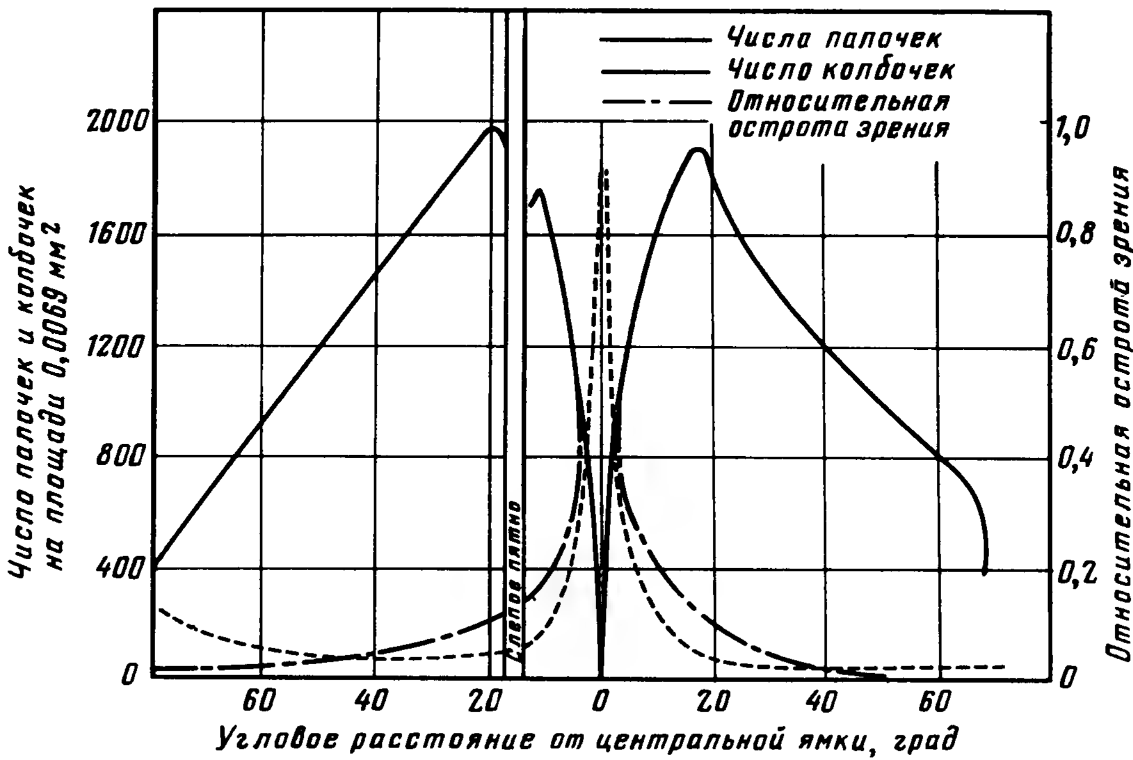
Разрешающая способность глаза — свойство глаза обнаруживать малые объекты и различать тонкие детали. Она сильно меняется в зависимости от объекта, спектрального распределения энергии излучения, освещенности фона, контраста между объектом и фоном, продолжительности действия зрительных стимулов и некоторых других факторов.

Острота зрения непосредственно связана с количеством возбужденных палочек и колбочек, а также с их расположением относительно фовеа. Поскольку фовеа — центральная часть сетчатки, на которую падает свет от воспринимаемого объекта,— содержит только колбочки, острота зрения в этой части наилучшая при фотопических световых условиях и наихудшая при скотопических условиях наблюдения [16, 18].

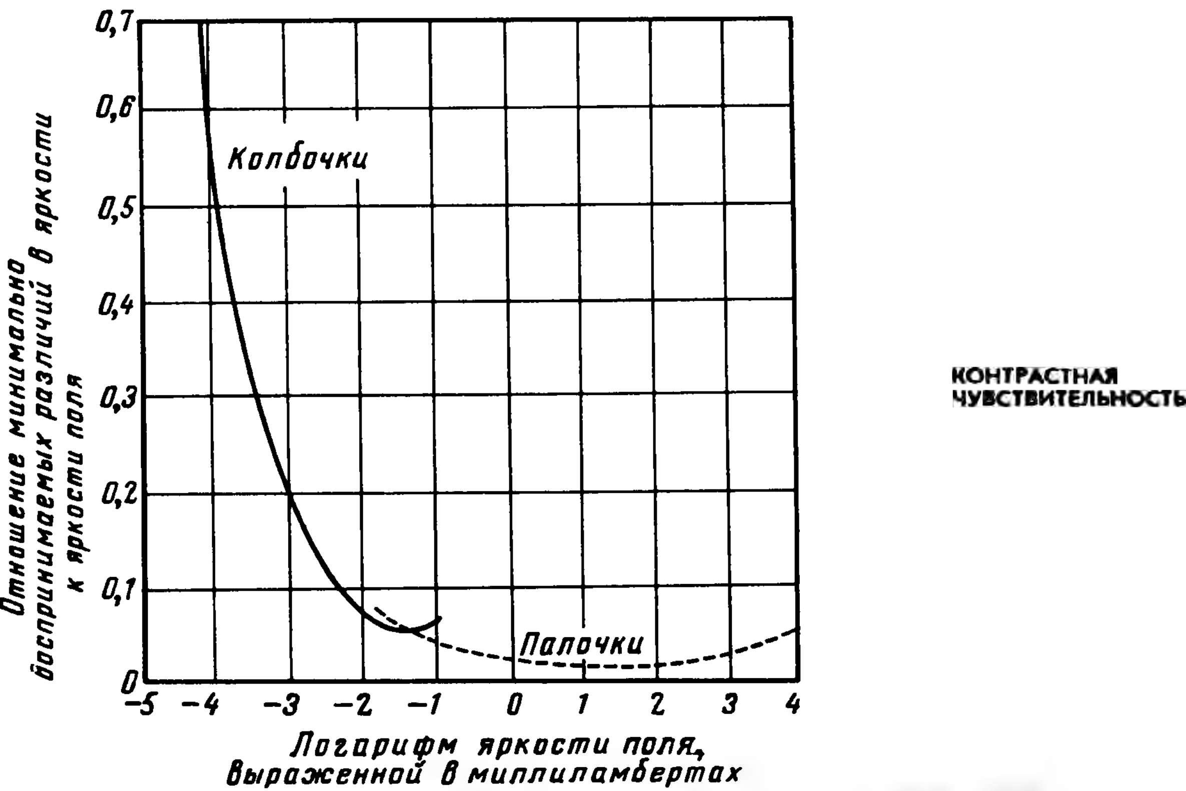
На графике справа показана зависимость между яркостью фона и минимально различимой разностью яркостей при восприятии палочковым и колбочковым зрением (фактически это и есть мера остроты зрения для палочек и колбочек). Обратите внимание на то, что для колбочкового зрения, используемого в дневных условиях, изменения контрастной чувствительности незначительны, тогда как для палочкового зрения, которое используется в затемненных условиях, контрастная чувствительность меняется в зависимости от освещенности в большей степени [10].

При низких интенсивностях света глаз может еще увидеть линию, толщина которой соответствует углу зрения около 10′, в то время как при высоких интенсивностях человек способен различить линию, толщина которой воспринимается под углом менее чем 1″. Это фактически меньше ширины одной колбочки. Все экспериментальные данные свидетельствуют о том, что острота зрения увеличивается с возрастанием освещенности. Скорость узнавания также возрастает с увеличением освещенности. Когда требуется быстрое различение очень малых объектов, необходимо обеспечивать высокие интенсивности света и большие контрасты между фоном и объектом.

На рисунке справа показана зависимость между контрастом и размерами тест-объекта в виде двух параллельных полос в условиях видимости, близких к пороговым, при уровне яркости 30 миллиламберт. Раздельное восприятие полос тест-объекта наблюдателем может быть обеспечено, если при уменьшении размеров полос и расстояния между полосами одновременно будет увеличена их контрастность. Чтобы обеспечить минимально необходимые условия зрительного восприятия тест-объекта при уменьшении контраста, следует увеличить размер объекта, особенно для очень низких уровней контраста.



ЗАВИСИМОСТЬ ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ ОТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАЛОЧЕК И КОЛБОЧЕК



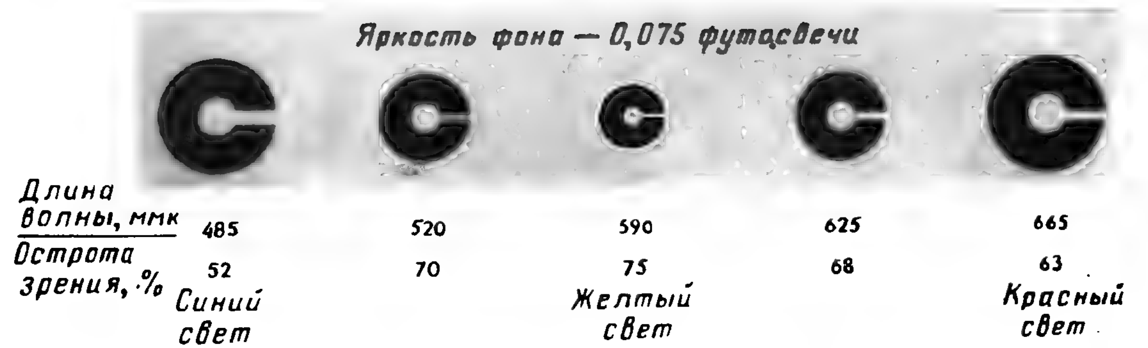
КОНТРАСТНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Контраст, %	45	8	5	3	2,8
Угловые размеры, мин	1	2	4	10	16

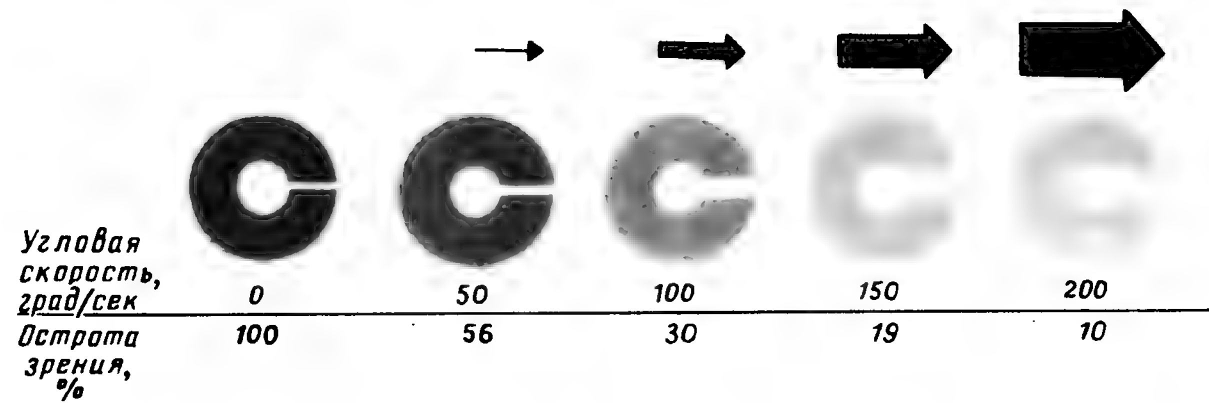
ОСТРОТА ЗРЕНИЯ КАК ФУНКЦИЯ РАЗМЕРА И КОНТРАСТНОСТИ

NataHaus

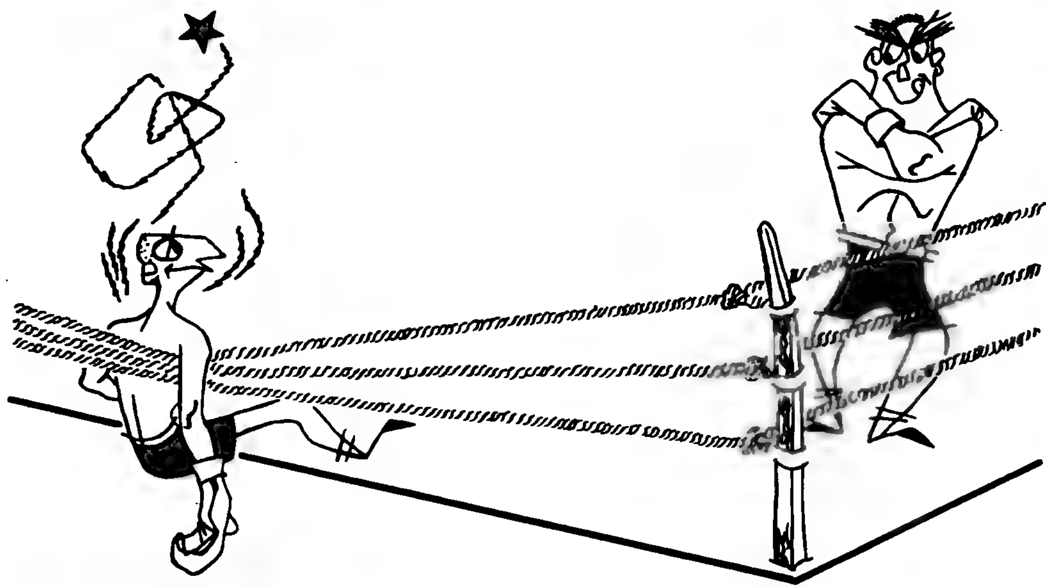
Был поставлен эксперимент с целью установить влияние яркости объекта на его видимость при условии неодинаковой остроты зрения у испытуемых. Испытуемым предлагалось обнаруживать объекты, расположенные в шахматном порядке, при шести различных уровнях яркости от 3,16 до 1000 футоламберт. Было установлено, что у группы с пониженной остротой зрения приращение остроты зрения с увеличением яркости объектов было значительно больше, чем у людей, обладающих нормальной остротой зрения. Результаты эксперимента показывают, что для зрительного восприятия деталей людьми с нормальной остротой зрения требуется яркость от 10 до 30 футоламберт, в то время как для людей с пониженной остротой зрения необходимая яркость лежит между 30 и 40 футоламберт. Испытания проводились для монокулярного зрения; каждая группа состояла из 12 испытуемых в возрасте от 20 до 25 лет [13].



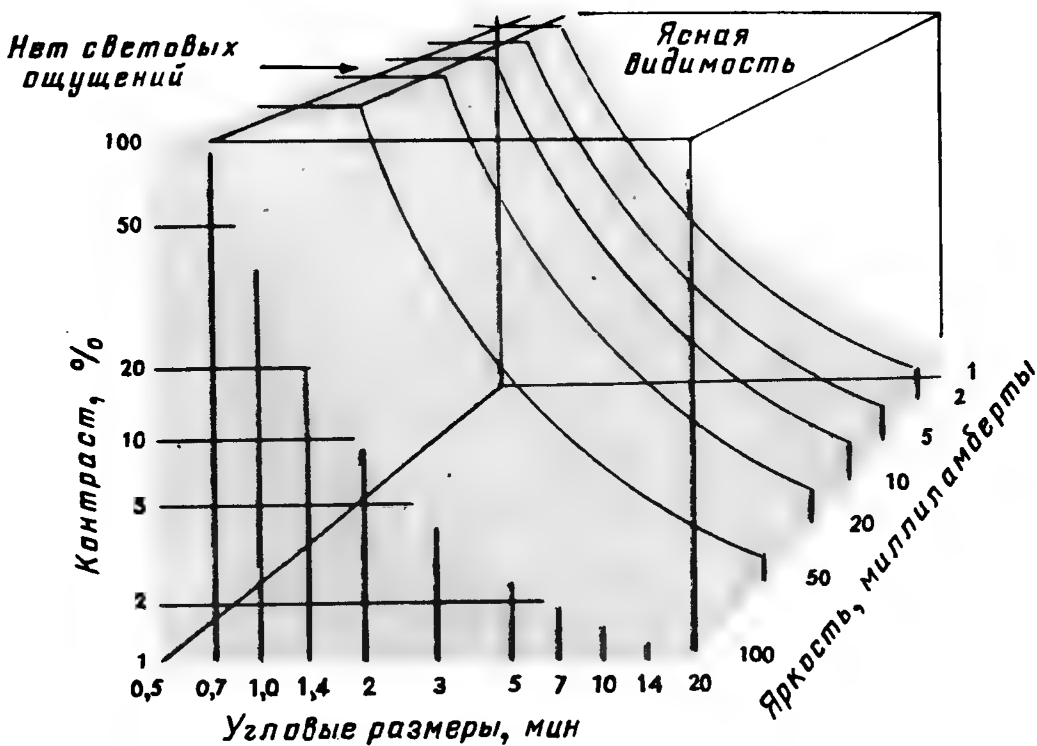
Острота зрения испытывалась при источниках света различного цвета. Использовались С-образные фигуры с временем экспозиции 1 *сек* [8]. В этих экспериментах обнаружено, что желтое освещение обеспечивает наиболее высокую остроту зрения. Однако при достаточно высоком уровне общего освещения влияние цвета освещения на остроту зрения при восприятии черно-белых фигур весьма незначительно. Гораздо более важными факторами, чем цвет освещения, являются яркостный контраст, цветовой контраст, уровень освещенности и время экспозиции.



Если зрительный образ перемещается по последовательным рецепторным элементам сетчатки, объект воспринимается как движущийся. В опыте с кольцами Ландольта, вращающимися в горизонтальной плоскости вокруг головы наблюдателя, острота зрения снижается с возрастанием угловой скорости объекта. Помещенная выше иллюстрация [15] показывает, что по мере возрастания скорости движения разрывы в кольцах должны увеличиваться, чтобы оставаться различимыми. Обнаружено также, что кольцо Ландольта, расположенное под углом 30° к оси зрения, воспринимается при движении на 40% хуже, чем в неподвижном состоянии.



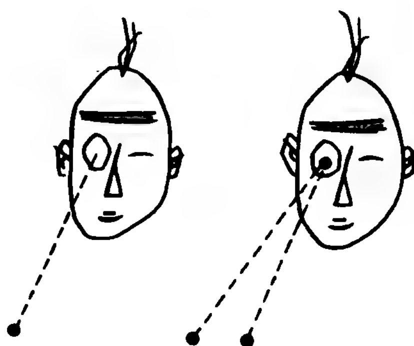
На остроту зрения отрицательно влияет вибрация тела. В одном из исследований [6] было установлено, что острота зрения несколько снижается, если голова человека или платформа, на которой он стоит, колеблется с амплитудой 0,025 *мм* и частотой от 10 до 130 *гц*.



Изображенная поверхность [14] воспроизводит зависимость между видимыми угловыми размерами объекта, контрастом и яркостью фона. Если точка с координатами, определяемыми этими тремя параметрами, попадает в область, расположенную ниже изображенной поверхности, данный объект человеком не различается. Область выше поверхности соответствует благоприятным условиям восприятия объекта.

ПРОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗРЕНИЯ

суммирование и взаимодействие

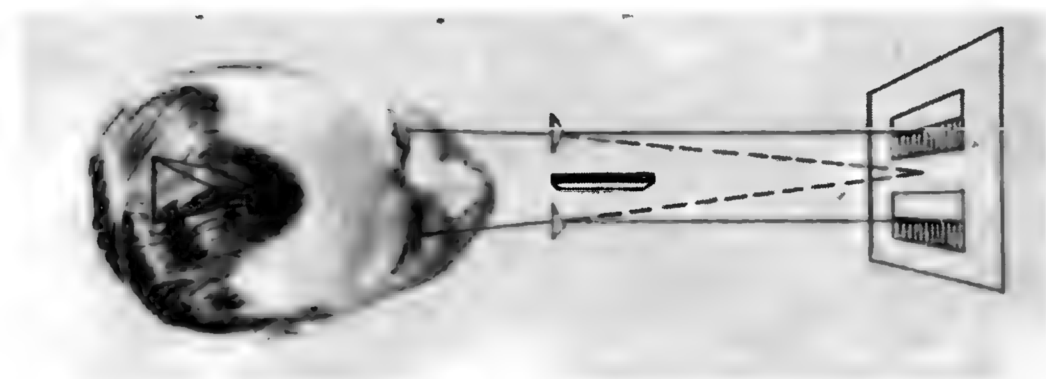


Сетчатка состоит из сложных нервных переплетений, что обусловливает эффект суммирования для расположенных в тесном соседстве рецепторов (ретинальное суммирование). Так, если два световых пятна, каждое из которых в отдельности не вызывает зрительного ощущения, одновременно воздействуют на соседние участки сетчатки, они благодаря суммированию становятся видимыми. Порог восприятия можно снизить увеличением площадки стимуляции взаимосвязанных рецепторов.

Другой вид взаимодействия осуществляется между обоими глазами (бинокулярное взаимодействие). Это взаимодействие представляет собой процесс, происходящий в высших нервных центрах, включающих и мозг. Этим явлением объясняется несколько увеличивающаяся возможность разглядеть малоосвещенный объект при зрении двумя глазами по сравнению с монокулярным зрением. Эти и подобные им явления можно объяснить на основании законов физической оптики, механики движения глаза и теории вероятностей.

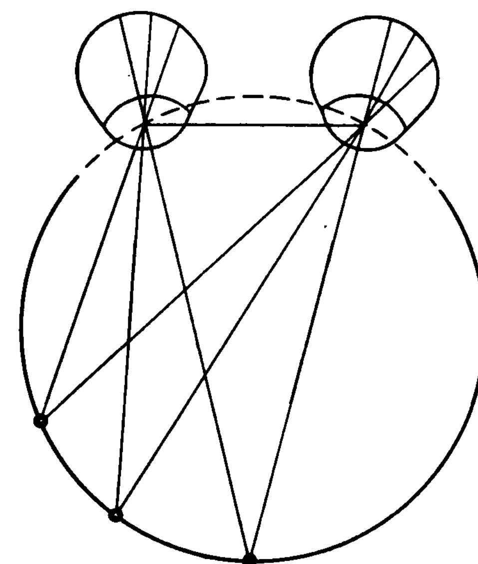
стереоскопия

При сосредоточении взгляда на предмете в правом и левом глазу возникают изображения разных его проекций. Это свойство бинокулярного зрения лежит в основе восприятия объема и глубины. В приборе, получившем название «стереоскоп», два изображения одного и того же предмета даются раздельно для каждого глаза. Эти две плоские проекции сливаются в восприятии наблюдателя в один трехмерный объект. Такое объемное восприятие возникает даже при весьма незначительной разнице между двумя изображениями.



одиночные и двойные образы

Когда взгляд сосредоточен на предмете, последний обычно воспринимается как единый образ. Большинство же других объектов в зрительном поле вызывает двойные образы. Однако опыт приучил нас не обращать внимания на это раздвоение. Многие люди даже не знают о существовании двойных образов. Между тем их можно легко увидеть. Сосредоточим взгляд на карандаше, расположенном прямо перед глазами. Тогда другой карандаш, помещенный за первым, будет виден дважды, по обе стороны от первого карандаша.

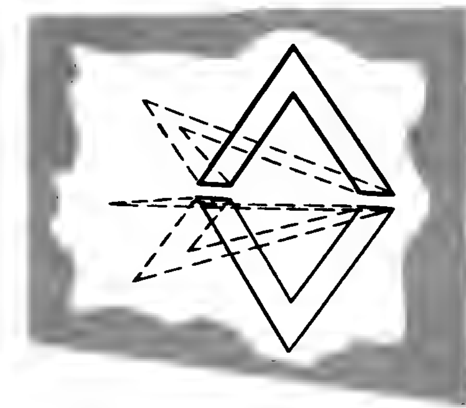


Для каждой точки фиксации взгляда в горизонтальной плоскости можно провести окружность, проходящую через эту точку и оптические центры обоих глаз. За исключением очень близких к глазам точек, всякая точка на этой окружности или вблизи нее, включая, конечно, и точку фиксации взгляда, воспринимается как единичная нераздвоенная точка [3]. Точки, лежащие вне горизонтальной плоскости, также могут восприниматься как единичные. Эти точки располагаются на довольно сложных кривых относительно точки фиксации взгляда. Точки в плоскости, не лежащие на окружности, воспринимаются как двойные.

кажущееся движение

Если источники света появляются последовательно через определенные интервалы времени на определенном расстоянии друг от друга и имеют соответствующую яркость, создается впечатление движения источника света.

Если вторая из двух вспышек света более интенсивна, чем первая, может создаться впечатление обратного движения от второй вспышки к первой.



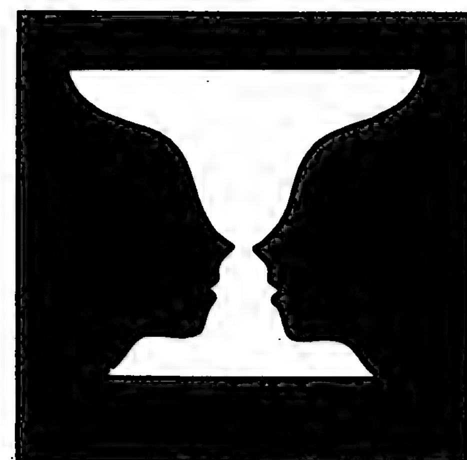
При последовательной смене форм определенных изображений можно создать впечатление пространственного перемещения объекта.

Эти эффекты, которые иногда называются КАЖУЩИМИСЯ ДВИЖЕНИЯМИ, используются в мультипликационной кинематографии и при построении динамических панелей.

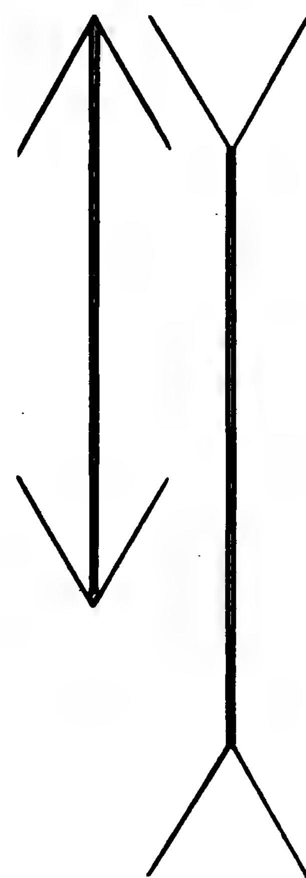
NataHaus

Оптические иллюзии

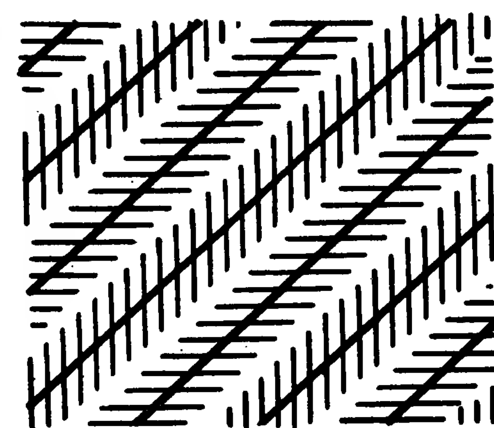
Хотя в большинстве случаев зрение дает нам правильное представление об окружающем мире, имеются случаи, когда наша зрительная система допускает ошибки. Для иллюстрации некоторых оптических иллюзий здесь приведены традиционные примеры. Конструктор должен помнить об этом и исключить возможность появления такого рода иллюзий в визуальных индикаторах.



На рисунке слева человек может увидеть вазу или два женских профиля, в зависимости от того, рассматривает ли он белое поле как фигуру или как фон.



Длина толстых линий одинакова!



Длинные линии параллельны!

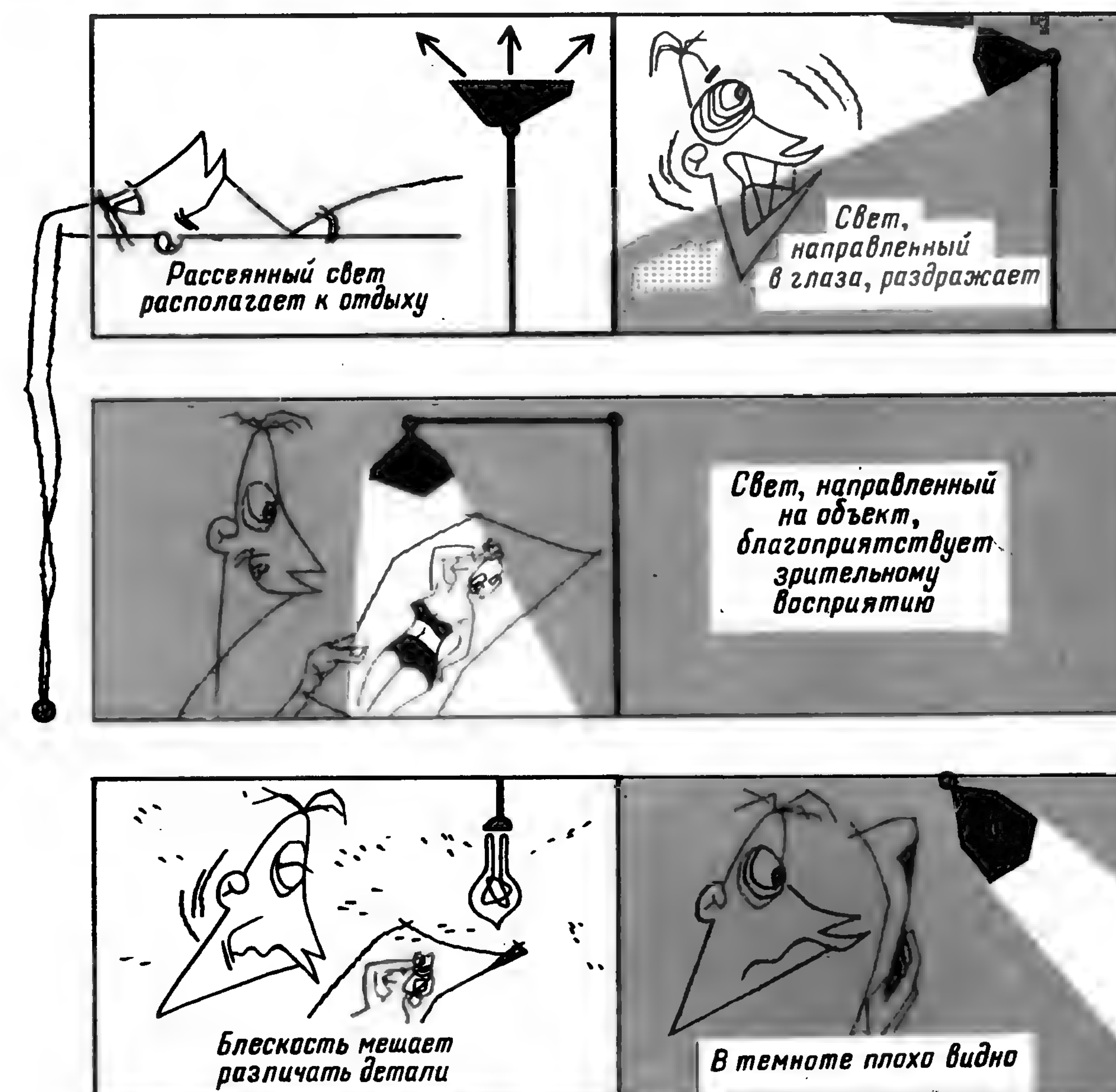
Горизонтальная и вертикальная линии имеют одинаковую длину!

Последовательные образы

Давно известно, что орган зрения продолжает функционировать и после того, как прекратилось действие света на сетчатку глаза. В позитивных (положительных) последовательных образах воспринятые ранее черные пятна будут видеться черными, а белые пятна — белыми. В негативных (отрицательных) последовательных образах цвета будут обратными. В случае восприятия других цветов негативные последовательные образы будут воспроизводить цвета, дополнительные к цветам воспринимавшихся объектов.

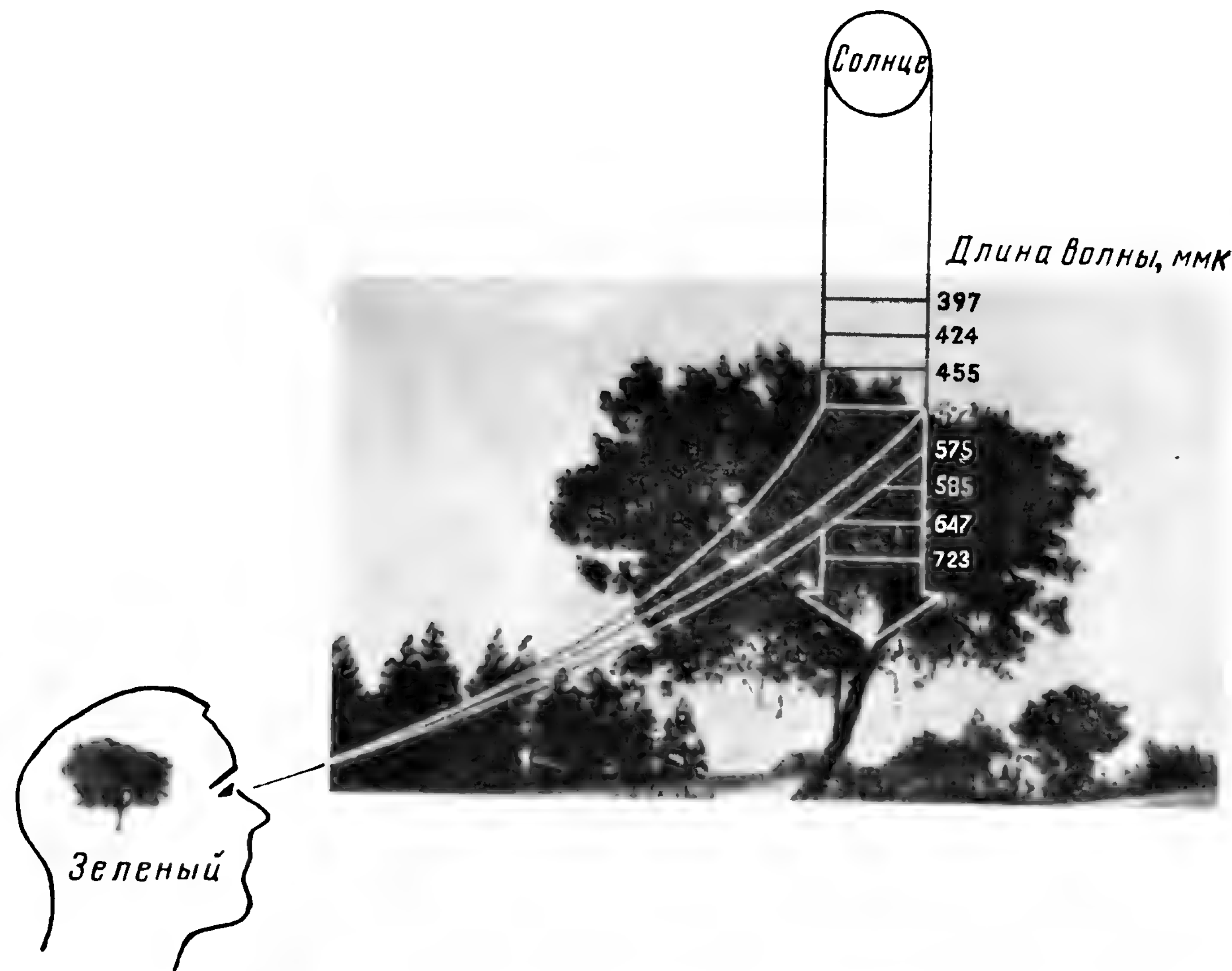
Сосредоточьте свой взгляд на центре упомянутого выше рисунка на предыдущей странице в течение примерно двух минут; затем закройте страницу листом белой бумаги. Возникающий последовательный образ будет совпадать с рисунком, а если вы смотрели на него достаточно долго, последовательный образ будет отрицательным.

Факторы, облегчающие зрение



24 Заказ № 492





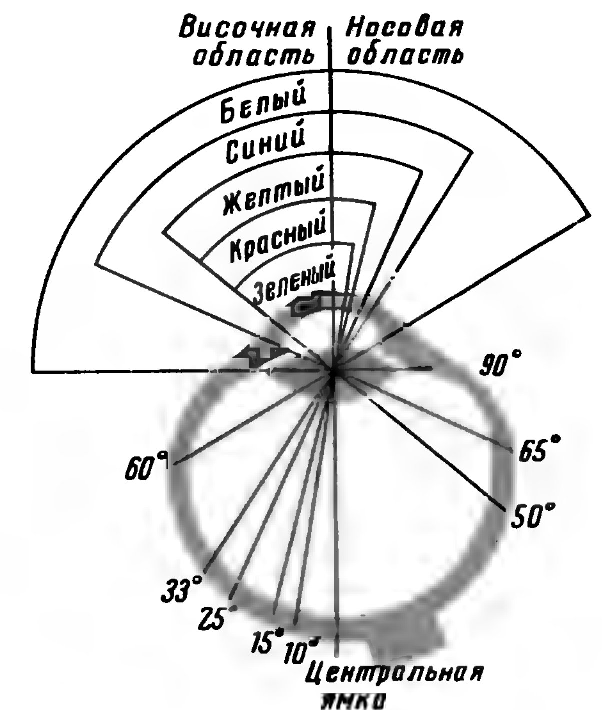
ЦВЕТ

Свет можно определить как энергию электромагнитного излучения определенного диапазона. Глаз чувствителен к относительно узкому участку электромагнитного спектра, соответствующему колебаниям с длиной волны приблизительно от 400 до 720 *ммк*. Свет проходит через хрусталик глаза и фокусируется на сетчатке, где он поглощается отдельными порциями, или квантами, энергии.

Излучение Солнца содержит все видимые длины волн. Физические тела избирательно поглощают это излучение, так что энергия, которую они пропускают или отражают, имеет уже другое распределение по длинам волн. Это изменение и обусловливает возможность цветового зрения.

Центральная нервная система человека обладает способностью классифицировать распределение световой энергии, попадающей в глаз. Различные классы такого распределения и воспринимаются как цвета. Имеется неограниченное число распределений световой энергии, которые воспринимаются как один и тот же цвет. Глаз не разлагает свет на компоненты различной длины волны, как это делает призма. Нервная система просто классифицирует импульсы, исходящие от групп волн различной длины, и на основании опыта обозначает их как тот или иной цвет. Цвет — это психологическая характеристика; он не является свойством электромагнитной энергии, которую мы воспринимаем как свет, а представляет собой ощущение человека, вызываемое этой энергией.

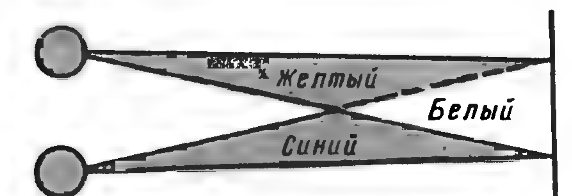
ЗОНЫ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ



Не все зоны сетчатки одинаково чувствительны к цвету. Свет от предмета, попадающий на периферию сетчатки, все же позволяет обнаружить и опознать предмет, но его цвет при этом не воспринимается. Некоторые цвета распознаются на большем удалении от центра сетчатки, чем другие. На рисунке справа показаны границы зон сетчатки, в пределах которых могут быть правильно опознаны различные цвета в условиях нормального освещения.

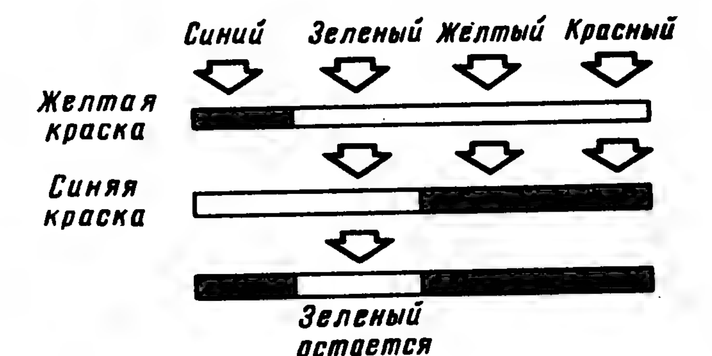
ОБРАЗОВАНИЕ ЦВЕТА

Нормальное цветовое зрение называют *трихроматическим* (трехцветным), потому что любой из 160 или даже большего числа различаемых человеком цветовых тонов можно в большинстве случаев получить в виде смеси трех первичных цветов, таких, как красный, зеленый и синий. Смешение цветов часто путают со смешением красок. Между тем первое имеет аддитивный характер, оно основано на сложении компонентов, в то время как второе — на их вычитании.



Если лучи желтого и синего света в соответствующей пропорции падают на экран, их смесь оказывается белой, поэтому желтый и синий цвета называют *дополнительными*.

Смешения цветов можно добиться также с помощью «цветового колеса». Смешиваемые цвета занимают различные секторы колеса, и когда колесо вращается с достаточной скоростью, образуются новые цвета в соответствии с правилами аддитивного смешения. Этот принцип нашел применение в экспериментальных системах цветного телевидения.



В отличие от этого, когда художники смешивают желтую и синюю краски, в результате получается зеленый цвет. Это происходит в результате двойного вычитания. Желтая краска поглощает лучи определенной длины волны, а отражаемые ею остальные лучи придают ей желтый цвет. То же самое относится к синей краске. Свет, остающийся после того, как желтая и синяя краски совместно поглотили волны соответствующей длины, может быть подобран так, чтобы вызвать ощущение зеленого цвета.

NataHaus

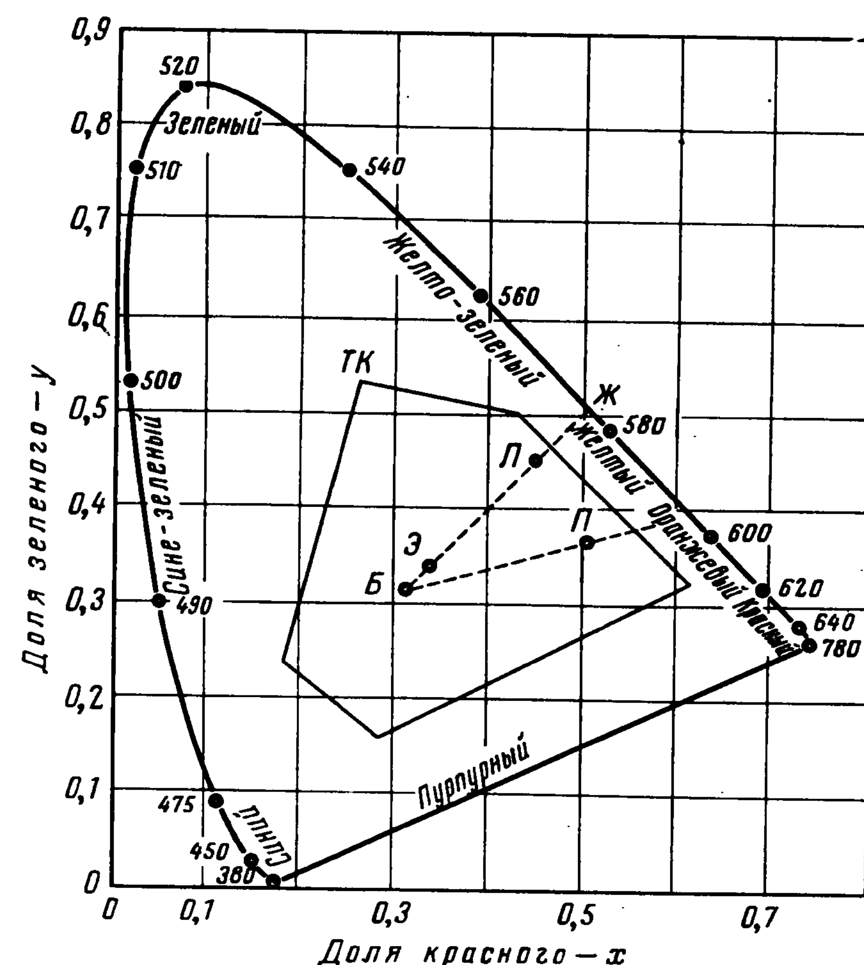
трихроматическая система

Поскольку восприятие цвета зависит от личного опыта человека, необходимо найти способ, с помощью которого можно было бы объективно сравнивать и определять цвета. «Трихроматическая система» в том виде, в каком она используется в настоящее время, основывается на следующих двух фундаментальных положениях:

Любой заданный цвет можно получить соответствующим смешением трех произвольно выбранных излучений.

Характеристикам цвета может быть дана точная количественная формулировка, позволяющая сравнивать цвета между собой.

П – помидор
Л – лимон
Б – белый (светильник С)
Э – спектр эквивалентной энергии
ТК – границы цветов типографских красок



Приведенная выше цветовая диаграмма [5] позволяет выразить любой цвет в виде соответствующей комбинации основных цветов: красного, зеленого и синего. По периметру фигуры, напоминающей треугольник, отмечено положение каждого спектрального цвета. Показаны также наиболее чистые тона, которые могут быть получены с использованием типографской краски. Эта схема, которая была принята как стандарт в 1931 г. Международной комиссией по освещению (ICI), основана на использовании красного, зеленого и синего излучений с вполне определенными, математически заданными характеристиками, которые условно приняты за *первичные цвета*.

Поскольку чистые спектральные цвета наиболее насыщены, они располагаются по периметру кривой, а все другие известные цвета попадают внутрь замкнутой фигуры. Белый цвет оказывается в центре диаграммы; он состоит из красного, зеленого и синего, подобранных так, чтобы равные количества каждого при аддитивном смешении давали белый цвет. Белый, определенный как $^1/_3K + {}^1/_3З + {}^1/_3C$, приблизительно совпадает с цветовой характеристикой света от северного полуденного солнца в ясный летний день и обозначен Международной комиссией по освещению как «светильник С».

Числа, расположенные вдоль кривых, указывают длины волн в миллимикронах. Если цвет попадает в верхний угол фигуры, он выглядит «зеленоватым», если в нижний правый угол — «красноватым», а если в нижний левый угол — «синеватым». Пунктирная линия, проведенная из точки *Б* через точку *Л*, определяет длину волны, приблизительно равную 576 *ммк*, которая показывает, что, например, лимон при облучении светильником С будет выглядеть желтым. Насыщенность цвета определяется близостью либо к точке *Б*, соответствующей белому цвету, либо к спектральной кривой. Например, цвет лимона будет тем насыщеннее, чем его цветовая характеристика ближе к точке *Ж*.

Суммарное количество красного, зеленого и синего цвета, требуемых для образования данного тона, всегда считается равным единице. Это просто означает, что, если количества любых двух стандартных цветов известны, третий цвет можно определить путем вычитания из единицы. Общепринято откладывать на осях абсцисс и ординат соответственно доли красного и зеленого цвета, а для определения количества синего цвета вычитать их сумму из единицы (иногда доли выражают в процентах).

эстетика цвета

Многие полагают, что существует определенная зависимость между цветом и другими ощущениями. Красные, оранжевые и желтые оттенки обычно считаются теплыми, приближающими предмет и возбуждающими, фиолетовые же, синие и зеленые оттенки считаются холодными, удаляющими предмет и успокаивающими. Как правило, цвет тем холоднее, чем он ближе к синему, и тем теплее, чем ближе к красному. Однако более светлые оттенки цветов кажутся холоднее, чем их темные оттенки.

Хотя экспериментальные данные несколько противоречивы, считается общепризнанным, что цветовое оформление рабочих помещений оказывает влияние на производительность труда. Стенографистки, например, обнаружили, что цвет блокнота сказывается на их работе: очень белая бумага, разлинованная черными линиями, утомляет зрение гораздо быстрее, чем бумага сероватого оттенка с бледными серо-зелеными линиями. По-видимому, гармоничное сочетание цветов в рабочем помещении может повысить эффективность труда, а дисгармоничное их сочетание может порождать состояние беспокойства и, следовательно, снижать его эффективность.

NataHaus

аномалии в восприятии цвета

Термин «цветовая слепота» часто неправильно употребляется для обозначения отклонений от норм в восприятии цвета. В абсолютном смысле цветовой слепотой должно называться полное отсутствие ощущения цвета. Поскольку обычно так называемый «цветно-слепой» все же ощущает некоторые цвета, нам кажется правильнее называть это явление не слепотой, а «цветовой недостаточностью».

Нормальным цветовым зрением обычно считают трихроматизм, т. е. способность различать три основных цвета (см. таблицу на стр. 3-27) [4]. Однако и среди «трихроматов» имеются люди, слабо различающие цвета; отклонение их цветового зрения от нормы может быть настолько незначительным, что лишь очень тонкие испытания способны его обнаружить. Наибольшая часть людей со слабым цветовым зрением страдает именно этим видом отклонения от нормы, который называется «аномальным трихроматизмом». Опираясь также на три первичных цвета при различении спектральных цветов, аномальный трихромат видит их в отклоняющихся от нормы количественных соотношениях. Слабое цветовое зрение почти всегда явление наследственное. Оно присуще в какой-то степени приблизительно 8% мужчин. У женщин слабое цветовое зрение встречается очень редко.

Следующая часто встречающаяся форма недостаточности цветового зрения — это красно-зеленый *дихроматизм*. Дихроматы делятся на две главные подгруппы — *протанопы* («красно-слепые») и *дейтеранопы* («зелено-слепые»). Для всех дихроматов видимый цвет ограничен двумя основными группами желтых и синих цветов, которые не спутываются ими. Дихроматы обычно могут различать все спектральные цвета, так как они их воспринимают как соответствующие сочетания двух основных для них цветов.

Между протанопами и дейтеранопами имеются некоторые важные различия. Для протанопов красный конец спектра, который они видят как желтый, укорочен, в то время как дейтеранопы способны видеть на красном конце оттенки (хотя опять-таки желтые) за пределами нормально видимого спектра. На прилагаемой рядом схеме цвета, видимые протанопом, сравниваются с цветами, которые видит нормальный трихромат. Протанопы воспринимают цвета с длиной волны около 493 *ммк* как серые и не могут отличить красный или сине-зеленый от серого. Для дейтеранопов нейтральная область лежит около 500 *ммк*, и они не могут отличить зеленый или красновато-пурпурный от серого. Эти различия невелики, но устойчивы в том отношении, что они всегда могут служить средством различения двух типов дихроматов.

Монохроматическое зрение — явление исключительно редкое. Люди с этим недостатком видят только оттенки серого. Монохроматы обладают слабой остротой зрения; их зрительные образы напоминают черно-белые фотографии при плохой фокусировке.

ТРИХРОМАТ (видит три цвета)	ДИХРОМАТ (протаноп) (видит два цвета)	МОНОХРОМАТ (видит лишь оттенки черного и белого)	ДЛИНА ВОЛНЫ, *ммк*
			397
ФИОЛЕТОВЫЙ	ЧЕРНЫЙ С СИНЕВАТЫМ ОТЛИВОМ		
			424
СИНИЙ	ЯРКО-СИНИЙ		
			455
ГОЛУБОЙ	ГОЛУБОВАТЫЙ		
			492
ЗЕЛЕНЫЙ	СВЕТЛО-СЕРЫЙ БУРОВАТЫЙ		
			575
ЖЕЛТЫЙ	ЖЕЛТЫЙ		
			585
ОРАНЖЕВЫЙ	ТЕМНО-ЖЕЛТЫЙ		
			647
КРАСНЫЙ	ПЕРЕХОДИТ В ЧЕРНЫЙ		
			723

ПСИХОФИЗИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ

В заключение уточним отношения между некоторыми физическими, психофизическими и психологическими аспектами зрения, которые часто понимаются неправильно.

Физический раздражитель — свет — представляет собой *лучистую энергию* (измеряемую физическими единицами, например, эргами), обычно распределенную по широкому участку спектра. Когда эта лучистая энергия воздействует на организм, она проявляется как *световая энергия*. Величина этой энергии связана с количеством лучистой энергии не линейным, а более сложным образом. Например, когда вся лучистая энергия лежит в области выше 750 *ммк*, эта энергия не проявляется как световая. Таким образом, световая энергия — это психофизическая величина, измеряемая такими единицами, как *свеча, люмен* и *ламберт*. Зная спектральное распределение лучистой энергии и хорошо установленную кривую восприятия света «средним» наблюдателем, можно найти коэффициент перевода лучистой энергии в световую. *Яркость* представляет собой психологическую характеристику, соответствующую световой энергии, но она опять же не находится в линейном соотношении с количеством световой энергии. Яркость — это ощущение, которое зависит, например, от состояния адаптации глаза и от фона, на котором виден объект.

Взаимоотношение *цвета* и *длины волны* еще менее определенно. Как уже упоминалось, ощущение одного и того же цвета может быть вызвано самыми различными по составу частотными распределениями. В свою очередь одно и то же частотное распределение света может вызвать ощущение разных цветов в зависимости от окружающих условий, психологической установки наблюдателя и степени адаптации его органа зрения. По-разному воспринимается цвет источника света и отражающих свет поверхностей. Цвет источника в восприятии довольно хорошо согласуется со спектральным составом его излучения. Отражающие же поверхности большей частью воспринимаются как пятна того цвета, которым они обладали бы при «нормальном» (белом) освещении, независимо от спектрального состава света, который их освещает и отражается ими. Это явление называется *цветовой константностью*. Когда же цвет освещения наблюдателю неизвестен, цветовая константность нарушается и воспринимаемый цвет поверхности тогда в значительной степени зависит от характеристик света, отраженного от поверхности. В этом случае поверхность воспринимается так, как будто она сама является источником света.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bartley S. H.*, „Some Factors in Brightness Discrimination", *Psychol. Rev.*, 46, № 4, 337—358 (July 1939).
2. *Blackwell H. R.*, „Contrast Thresholds of the Human Eye", *J. Optical Soc. Am.*, 36, № 11, 624—642 (1946).
3. *Boring E. G.*, Sensation and Perception in the History of Experimental Psychology, Appleton-Century-Crofts, 1942, p. 228.
4. *Chapanis A.*, „Color Blindness", *Sci. Am.* 184, № 3, 48—49 (1951).
5. *Chapanis A.*, et al., Applied Experimental Psychology, Wiley, 1949, p. 72.
6. *Coermann R.*, Investigation Regarding the Effect of Vibration on the Human Organism, Air Force. Air Materiel Command, Trans. № 349, 19 May 1941.
7. *Dodge R.*, *Cline T. S.*, „The Angle Velocity of Eye Movement", *Psychol. Rev.*, 8, 145—157 (1901).
8. *Ferree C. E.*, *Rand G.* „Visibility of Objects as Affected by Color and Composition of Light, Part II, With Lights Equalized in Both Brightness and Saturation", *Personnel J.*, 10, 108—124 (1931).
9. *Graham C. H.*, *Margaria R.*, „Area and the Intensity-Time Relation in the Peripheral Retina", *Am. J. Physiol.*, 113, № 2, 299—305 (1935).
10. *Hecht S.*, см. *Luckiesh M.*, *Moss F. K.*, The Science of Seeing, Van Nostrand, 1943, p. 73.
11. *Hecht S.*, *Hsia Y.*, „Dark Adaptation Following Light Adaptation to Red and White Lights, *J. Opt. Soc. Am.*, 35, № 4, 261—267 (1945).
12. *Hecht S.* *Williams R. E.*, „The Visibility of Monochromatic Radiation and the Absorption Spectrum of Visual Purple", *J. General Physiol.*, 5, 1—34 (1922).
13. *Kuntz J. E.*, *Sleight R. B.* „Effect of Target Brightness on 'Normal' and 'Subnormal' Visual Acuity", *J. Applied Psychol.*, 33, № 1, 83, 91 (1949).
14. *Luckiesh M.*, *Moss F. K.*, The Science of Seeing, Van Nostrand, 1943, p. 125.
15. *Ludvigh E.*, „The Visibility of Moving Objects", *Science*, 108, 63—64 (1948).
16. *Osterberg G.*, „Topography of the Layer of Rods and Cones in the Human Retina, *Acta Ophthalmologica* (Copenhagen), 13, Suppl. 6, 103 (1935).
17. *Sloan L. L.*, „Rate of Dark Adaptation and Regional Threshold Gradient of the Dark-Adapted Eye: Physiologic and Clinical Studies", *Am. J. Ophthalmology*, 30, 705—720 (1947).
18. *Wertheim R.*, „Uber die indirekte Sehschärfe", *Z. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane*, 7, 172—187 (1894).
19. *Williams S. B.*, *Hanes R. M.*, „Visibility on Cathode-Ray Tube Screens: Intensity and Color of Ambient Illumination", *J. Psychologg*, 27, 231—244 (1949).

23 Заказ № 492



NataHaus

Глава

4

Стр.

4-1 **СЛУХ**

4-3 СТРОЕНИЕ УХА

4-4 ЗВУК И СЛУХ

4-5 Параметры звука
4-7 Характеристики слухового ощущения
4-10 Пороги слухового ощущения
4-12 Дифференциальные пороги слухового ощущения
4-13 Характеристики чистых тонов
4-16 Характеристики сложных звуков
4-17 Прочие характеристики

4-19 АКУСТИЧЕСКИЕ ПОМЕХИ

4-19 Влияние помех на восприятие чистых тонов
4-22 Влияние помех на восприятие сложных звуков
4-22 Остаточное действие помех

4-23 РЕЧЬ И ЕЕ РАЗБОРЧИВОСТЬ

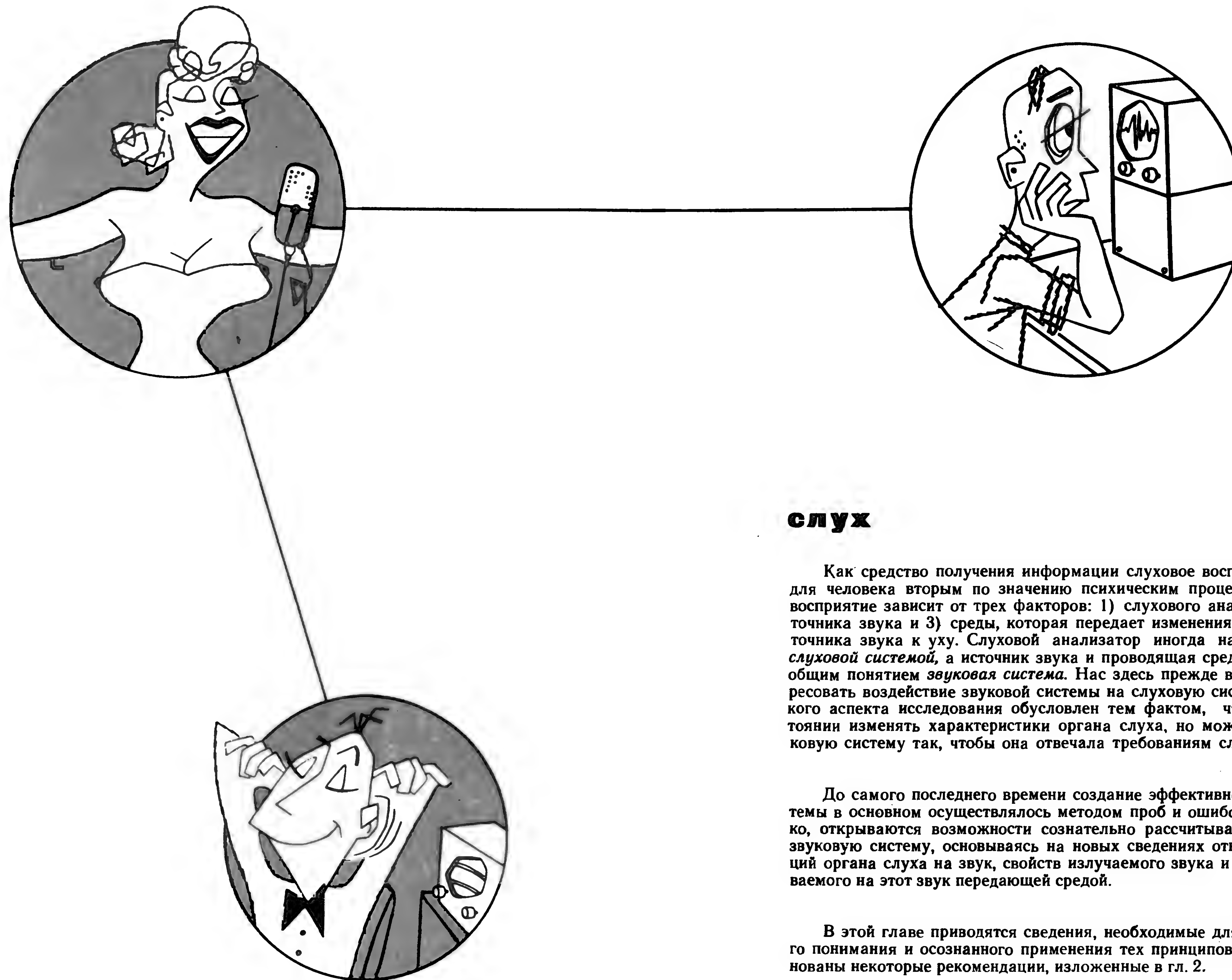
4-23 Спектральные характеристики речи
4-24 Разборчивость речи в различных условиях

4-30 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НА ИСТОЧНИК ЗВУКА

4-31 ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЛУХОВОГО ВОСПРИЯТИЯ

4-34 ВЛИЯНИЕ ЗВУКОВ НА ТРУДОВУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

4-35 ЛИТЕРАТУРА

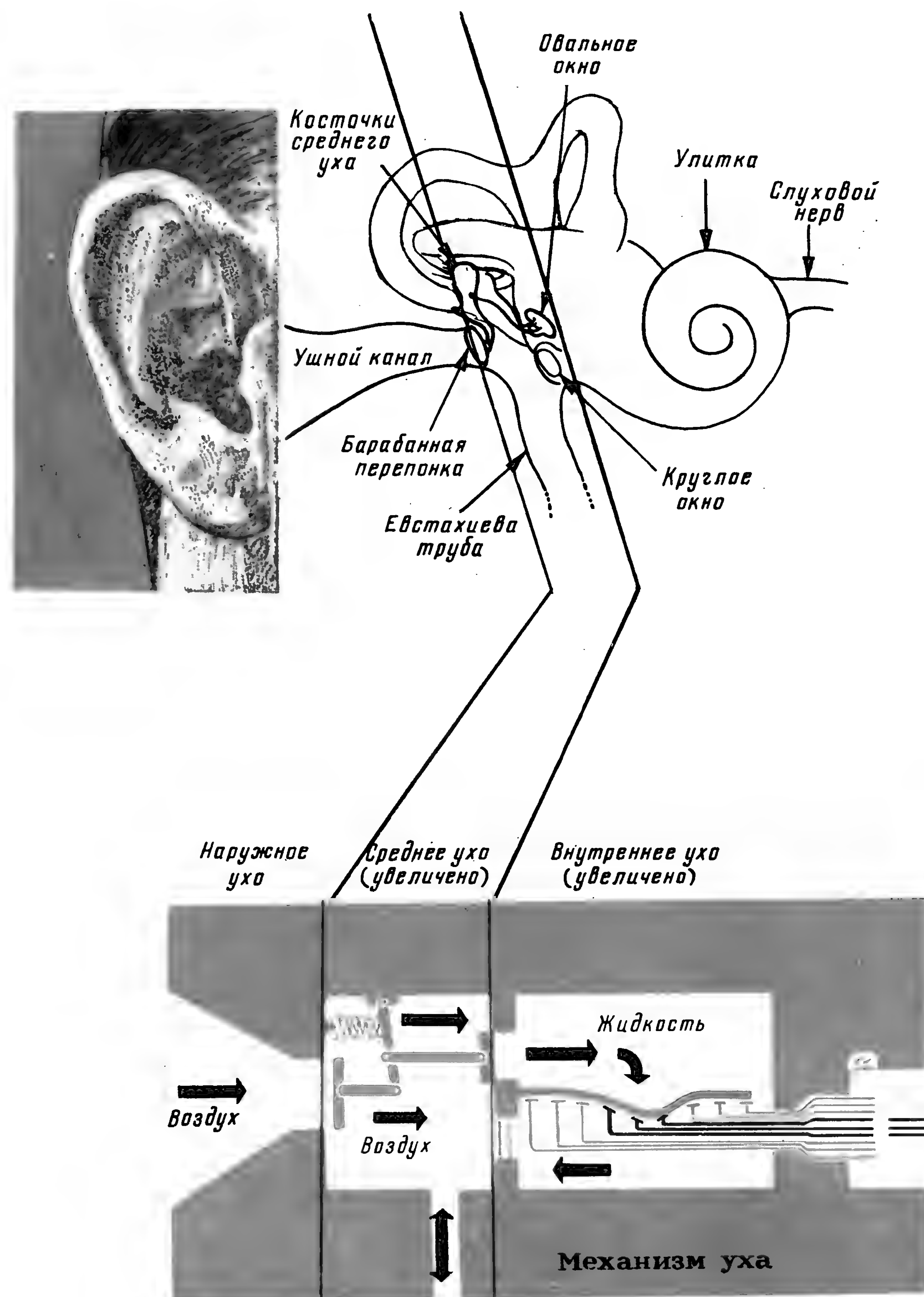


СЛУХ

Как средство получения информации слуховое восприятие является для человека вторым по значению психическим процессом. Слуховое восприятие зависит от трех факторов: 1) слухового анализатора, 2) источника звука и 3) среды, которая передает изменения давления от источника звука к уху. Слуховой анализатор иногда называется также *слуховой системой,* а источник звука и проводящая среда объединяются общим понятием *звуковая система.* Нас здесь прежде всего будет интересовать воздействие звуковой системы на слуховую систему. Выбор такого аспекта исследования обусловлен тем фактом, что мы не в состоянии изменять характеристики органа слуха, но можем строить звуковую систему так, чтобы она отвечала требованиям слуховой системы.

До самого последнего времени создание эффективной звуковой системы в основном осуществлялось методом проб и ошибок. Теперь, однако, открываются возможности сознательно рассчитывать эффективную звуковую систему, основываясь на новых сведениях относительно реакций органа слуха на звук, свойств излучаемого звука и влияния, оказываемого на этот звук передающей средой.

В этой главе приводятся сведения, необходимые для более глубокого понимания и осознанного применения тех принципов, на которых основаны некоторые рекомендации, изложенные в гл. 2.



СТРОЕНИЕ УХА

Строение уха довольно хорошо приспособлено для приема звуковых колебаний и передачи в мозг соответствующих слуховых импульсов. Человеческое ухо реагирует на звуки в широком диапазоне частот и интенсивностей.

Наружное ухо человека не обладает способностью эффективного собирания звуков, но отчасти помогает локализовать источник звуков, особенно звуков высокой частоты. По ушному каналу звук проходит к барабанной перепонке, которая представляет собой тонкую, упругую мембрану, расположенную между наружным и средним ухом. Гибкая барабанная перепонка вибрирует в соответствии с изменениями звукового давления и передает эти вибрации в костный механизм среднего уха.

Сосредоточение давления у поверхности барабанной перепонки, а также рычажный механизм косточек среднего уха усиливают звук примерно в 30 раз. Вследствие этого едва уловимые изменения давления у барабанной перепонки производят поршнеобразные движения в овальном окне внутреннего уха. Это в свою очередь вызывает движения в улитке, достаточные по амплитуде для того, чтобы вызвать слуховую реакцию. Амплитуда очень интенсивных колебаний снижается при помощи двух мускулов, прикрепленных к косточкам среднего уха. Евстахиева труба соединяет полость среднего уха с полостью носоглотки, благодаря чему общее давление воздуха по обе стороны от барабанной перепонки приблизительно выравнивается.

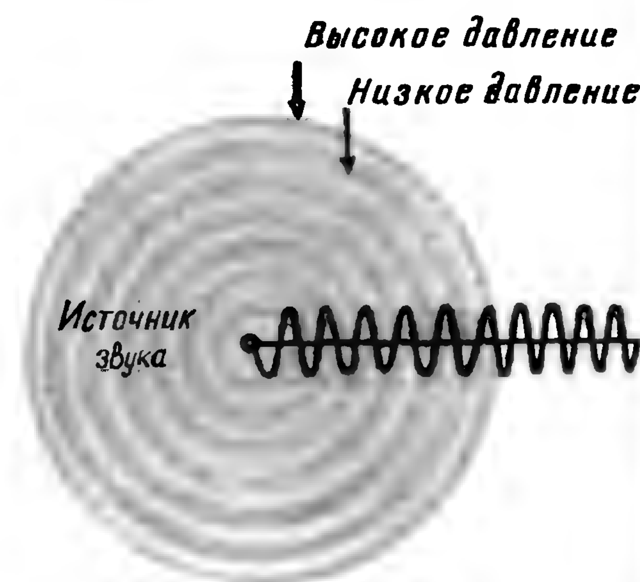
Ушная улитка содержит спиральный канал, имеющий три разветвления, каждое из которых заполнено жидкостью. Через эту жидкость импульсы от овального окна проходят в улитку. Эти импульсы, действуя на упругие стенки канала, увеличивают просвет между ними. В просвете завитка улитки расположена основная мембрана, способная колебаться. Колебания определенной частоты вызывают максимальный резонанс в определенном месте основной мембраны. Ряды крошечных волосяных ячеек вдоль основной мембраны представляют собой первичные рецепторы звука. Нервные импульсы по слуховому нерву направляются от этих рецепторов к слуховым центрам мозга *.

Слуховое ощущение возникает и при непосредственном контакте с колеблющимся предметом; в этом случае функции звукопроводности внешнего и среднего уха выполняет костная система черепа. Однако внутреннее ухо при этом работает как обычно. Функции улитки и при воздушной, и при костной звукопроводности идентичны.

* Более подробное описание строения слухового аппарата можно найти, например, в следующих изданиях: Тонков В., Учебник анатомии человека, т. 2, изд. 5, Л., 1963; «Физиология человека», под общей ред. Н. В. Зимкина, изд. 3, М., 1964. — *Прим. ред.*

NataHaus

Физическое явление | Субъективное восприятие





ЗВУК И СЛУХ

Обычно слово *звук* применяется как для обозначения физического явления — действующих на ухо звуковых колебаний, так и для обозначения реакции человека на эти колебания. В этой главе, однако, термин «звук» используется только для обозначения звуковых колебаний в том смысле, как их определяют и измеряют физики. Субъективный же аспект, связанный со звуковыми колебаниями, т. е. реакцию слуховой системы на звук, мы будем обозначать термином *слуховое ощущение*.

Рассмотрение двух различных систем — объективной (физической) и субъективной (психофизиологической) — необходимо, так как то, что мы слышим как звук, не всегда линейно связано с физическим звуком, который воздействует на ухо. Слуховое ощущение может возникать и без физической основы; вместе с тем при определенных условиях физический звук может не вызывать у человека слухового ощущения.

В этом разделе мы кратко определим характеристики звука и слухового ощущения, а затем рассмотрим наиболее важные соотношения между параметрами этих двух систем.

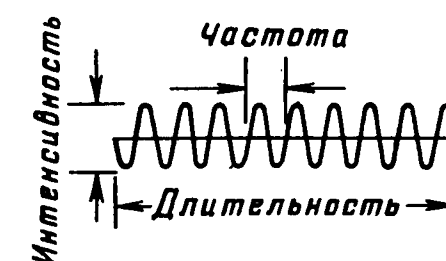
ПАРАМЕТРЫ ЗВУКА

Физический звук — это результат колебаний источника, например столба воздуха, металлического стержня, струны, проволоки, которые во всех направлениях вызывают в окружающей среде изменения давления. Скорость распространения этих изменений зависит от среды, в которой распространяются колебания. Для колебаний характерна периодичность — сжатие и разрежение составляют один цикл (период). Звук, производимый серией таких циклов, имеет три физические характеристики: *частоту, интенсивность* (уровень звукового давления) и *длительность*, которые можно измерять приборами и регулировать.

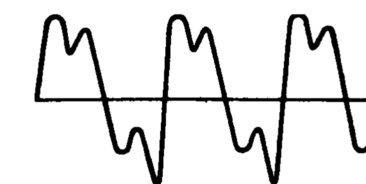
Частота звуковых колебаний измеряется в *герцах* (или циклах в секунду). Один герц (*гц*) есть частота такого звукового колебания, период которого равен одной секунде. Интервал между двумя звуками, частоты которых относятся как 2 : 1, называется *октавой*. Октава делится на 12 равных логарифмических интервалов, называемых *полутонами*, частоты которых относятся друг к другу как 1,0595 : 1. Полутоны делятся на 100 равных логарифмических интервалов, называемых сотыми долями. Частотный ряд, обычно употребляемый в акустических измерениях и расчетах, состоит из частот 128, 256, 512, 1024, 2048 и 4096 *гц*. Частота 256 *гц* соответствует приблизительно ноте ДО первой октавы на фортепиано.

Все звуки могут быть разделены на *простые* и *сложные*. Колебания, происходящие с равными периодами и имеющие одну частоту, называются простыми звуками или «чистыми тонами» и, кроме лабораторных условий, встречаются редко. Все другие звуки рассматриваются как сложные. Они в свою очередь могут быть разделены на *периодические* и *непериодические* звуки. Периодические звуки содержат лишь частоты, кратные основной частоте, которые называются ее *гармониками*. Непериодические звуки имеют беспорядочную природу, и гармоники не являются их характерным признаком. Нерегулярные звуковые колебания обычно называются шумом. *Белый шум* — это звук, содержащий все слышимые частоты.

Как показал французский математик Фурье в 1822 г., всякий периодический звук, как бы он ни был сложен, может быть разложен на простые синусоидальные колебания. Такое разложение периодических колебаний на некоторое число простых компонентов является важным приемом изучения звуков.



ЧИСТЫЙ ТОН



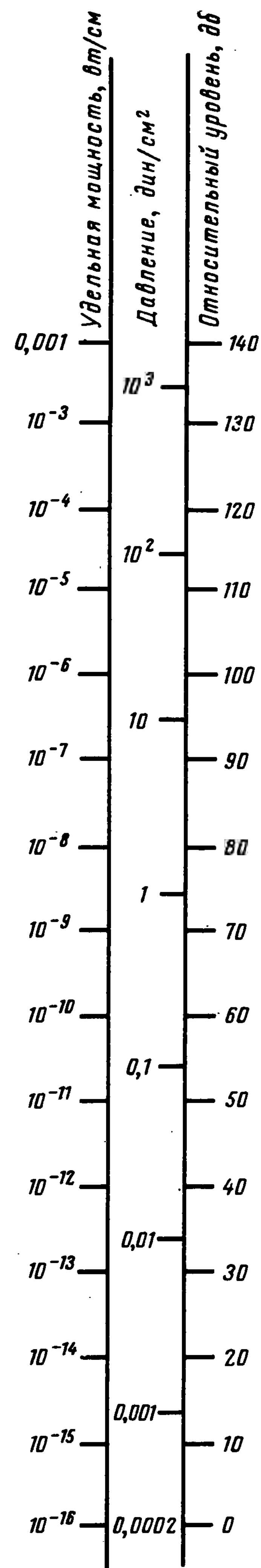
ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗВУК



НЕПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗВУК



БЕЛЫЙ ШУМ



Сила звука может быть измерена в единицах звукового давления (*дин/см²*) или в единицах звуковой энергии (*вт/см²*). Под звуковым давлением понимается среднеквадратичная величина разности давления между наиболее высокой и наиболее низкой точками в цикле изменения давления. Энергия, передаваемая через среду при распространении звука, пропорциональна квадрату давления.

Обычно более важно знать отношение интенсивностей двух звуков, а не их абсолютные значения, потому что диапазон интенсивностей звуков, воспринимаемых органом слуха, очень широк. Самый громкий звук, который ухо воспринимает вблизи болевого порога, в несколько миллиардов раз более интенсивен, чем самый слабый звук у порога слышимости. Чтобы охватить столь широкий диапазон интенсивностей, пользуются единицей, называемой *бел*. Разность уровней интенсивности двух звуков выражается в «белах» через десятичный логарифм отношения этих двух интенсивностей. Обычно на практике вместо «бела» применяют в десять раз более мелкую единицу — *децибел (дб)*. Децибел определяется как десятая часть десятичного логарифма отношения двух интенсивностей *(E)* или двадцатая часть отношения двух давлений *(P)*.

Вообще говоря, интенсивность звука можно было бы определять в децибелах по отношению к любому другому звуку. Однако практичнее выбрать в качестве начала отсчета некий общий уровень интенсивности. Приняв за начальный уровень звук вблизи нормального порога слышимости, мы получаем удобную систему отсчета. Американская ассоциация стандартов приняла за начало отсчета уровень 10^{-16} *вт/см²* (в единицах мощности) и 0,0002 *дин/см²* (в единицах давления). Кроме специально оговоренных случаев, всюду, где мы в этой главе употребляем децибелы, имеется в виду начало отсчета, соответствующее этому уровню интенсивности.

Интенсивность звука уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния при том, конечно, условии, что не происходит интерференции или отражения звука (как, например, в случае эха или стоячих волн) и что на звук не действуют особые факторы среды (такие, как ветер или перепад температур). В идеальных условиях интенсивность при удвоении расстояния снижается на 6 *дб*.

Длительность звука, измеряемая в секундах или долях секунды, является важной характеристикой, учитываемой при конструировании звуковой системы, поскольку очень короткие звуки (длительностью 0,1 *сек* и менее) воспринимаются слушателем иначе, чем более длительные звуки.



характеристики слухового ощущения

Обычно изучение процессов восприятия звука основывается на оценке реакции слушателя на звуки, имеющие точно определенные физические характеристики. Параметры, определяющие физический звук, недостаточны для описания характеристик слухового ощущения, потому что зависимость между этими двумя факторами не является линейной. Поэтому для описания слухового ощущения необходимо ввести специальные единицы и параметры. *Высота, громкость* и *длительность* являются субъективными аналогами соответствующих физических параметров — частоты, интенсивности и длительности звука. Хотя эти субъективные параметры не могут быть столь же точно измерены, как физические, они ценны для иллюстрации нелинейной связи между звуком и слуховым ощущением.

Высота — характеристика слухового ощущения, которая в первую очередь зависит от такого параметра звука, как частота. Высота изменяется неравномерно по шкале частот и может также зависеть от интенсивности звука и его длительности (см. стр. 4-14). Большинство звуков вызывает ощущение определенной высоты. Любой звук, который имеет определенную частоту и способен вызвать возбуждение основной мембраны внутреннего уха, имеет высоту. Звуки со случайным, неупорядоченным частотным распределением или с очень широкой полосой частот не имеют четко выраженной высоты.

Октавы и ее доли — полутоны применяются для измерения как высоты, так и частоты звука. Однако, поскольку логично ожидать, что равные единицы должны представлять равные промежутки на шкале частот, а октавам и полутонам соответствуют разные частотные интервалы (октавы, расположенные вблизи верхнего и нижнего пределов воспринимаемых частот, оказываются намного короче, чем октавы в области средних частот), октаву нельзя считать удовлетворительной единицей для измерения высоты.

Для этой цели была предложена другая единица, отвечающая условию, что равные единицы соответствуют равным интервалам на высотной шкале. Эта единица называется «мел». Чистый тон с частотой 1000 *гц* и интенсивностью на 40 *дб* выше пороговой (как определено на стр. 4-6) был условно принят за звук, имеющий 1000 *мел*. Высота других звуков определяется относительно высоты этого исходного звука. Звук, оцениваемый человеком как вдвое более высокий, чем основной, имеет высоту 2000 *мел*. Звук, оцениваемый как вдвое более низкий, чем основной, имеет высоту 500 *мел*. Результат такого измерения высот при сопоставлении его с измерениями звука по шкале частот позволяет определить положение на частотной шкале тех звуков, которые наиболее отчетливо и легко различаются слушателем.

NataHaus

Громкость — характеристика слухового ощущения, наиболее тесно связанная с интенсивностью звука. Однако, хотя громкость зависит прежде всего от интенсивности, связь между ними не является линейной и несколько менее определенна, чем зависимость между высотой и частотой звука. Способность обнаруживать различия в громкости в значительной степени зависит от специфических характеристик слухового анализатора. Воспринимаемая громкость связана с общей нервной энергией, возникающей в слуховом анализаторе под действием звука. В области малых интенсивностей громкость возрастает медленнее, чем увеличивается интенсивность звука. В области же высоких интенсивностей возрастание громкости ускоряется.

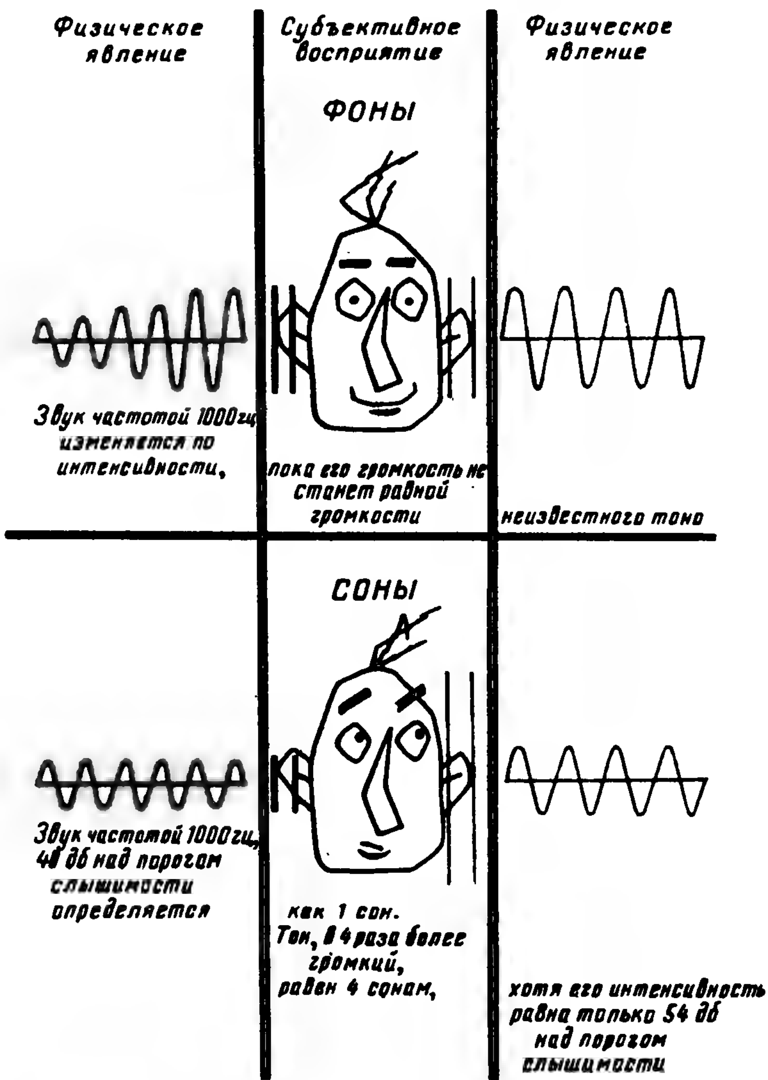
Для характеристики громкости используются три шкалы: шкала сравнения с эталонами интенсивности (*фоны*), шкала субъективной оценки громкостей (*соны*) и шкала уровней громкости над порогом (*децибелы*).

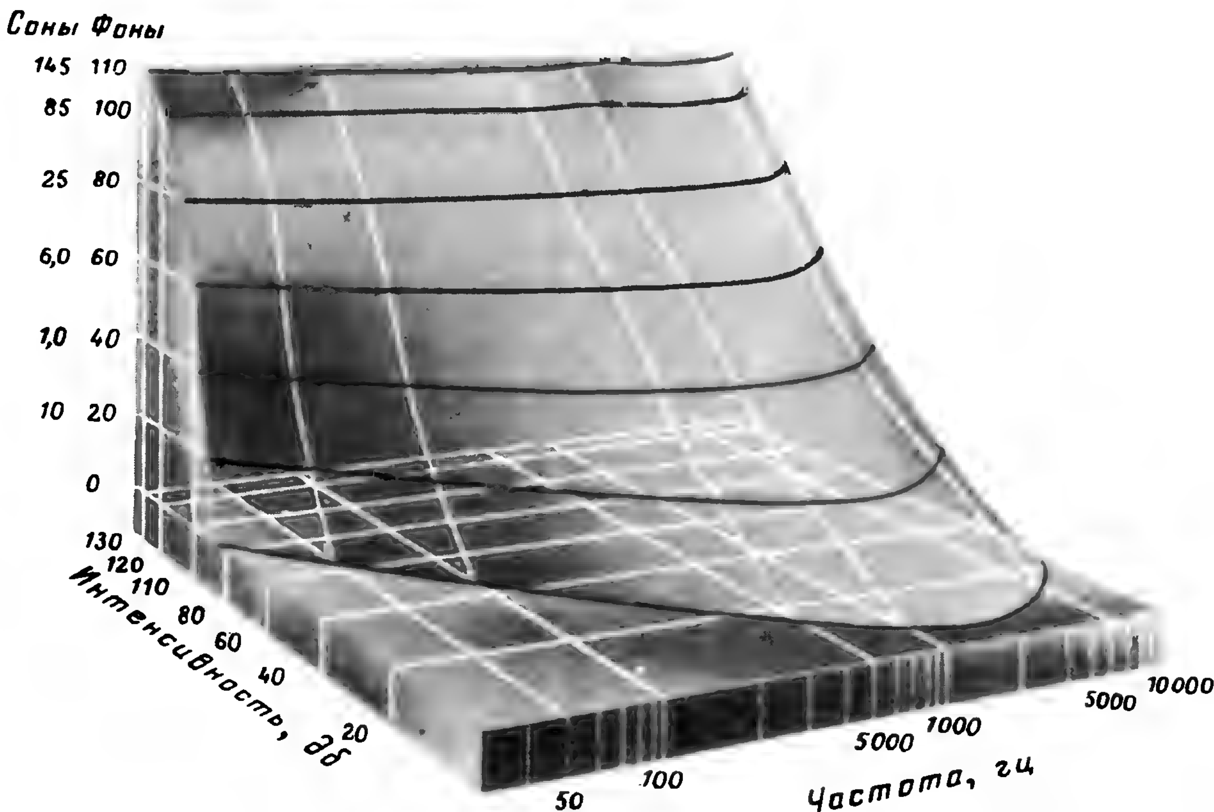
В шкале сравнения с эталоном интенсивности за эталон принимается громкость звука с частотой 1000 *гц*. Громкость измеряемого звука в фонах есть числовое значение интенсивности эталонного звука в децибелах, когда он имеет равную с измеряемым звуком громкость. Таким образом, считается, что громкость звука, эквивалентного по громкости звуку с частотой 1000 *гц* и интенсивностью 60 *дб*, равна 60 *фон*. Однако два звука редко бывают равны по интенсивности.

Шкала субъективной оценки громкости используется, когда необходимо узнать, во сколько раз один звук громче другого. Как сказано выше, в этой шкале в качестве единицы принят *сон*. Величина в 1 *сон* соответствует звуку с частотой 1000 *гц* и интенсивностью, на 40 *дб* превышающей пороговую; один *миллисон* соответствует порогу слышимости. Звук, субъективно оцениваемый как вдвое более громкий, чем звук громкостью в 1 *сон*, получит на шкале сонов значение «2».

Часто важно знать уровень громкости звука по отношению к порогу. Этот уровень измеряется в децибелах над интенсивностью едва слышимого звука. Пороги звуков различных частот сильно отличаются по интенсивности. Индивидуальные пороги различных людей также широко варьируют. Для предсказания различных слуховых реакций необходимо знать эти пороги. Поэтому надпороговый уровень громкости является важным показателем.

Существует и много других субъективных характеристик звука, помимо указанных выше, более или менее тесно связанных с физическими параметрами звука. Среди них имеются такие характеристики, как резкость, звонкость и др. Некоторые из этих параметров образуют то, что обычно на практике называют качеством звука, или его *тембром*. Эти характеристики связаны с частотой и интенсивностью чистых тонов, но в большинстве случаев определяются всем спектральным составом звука.



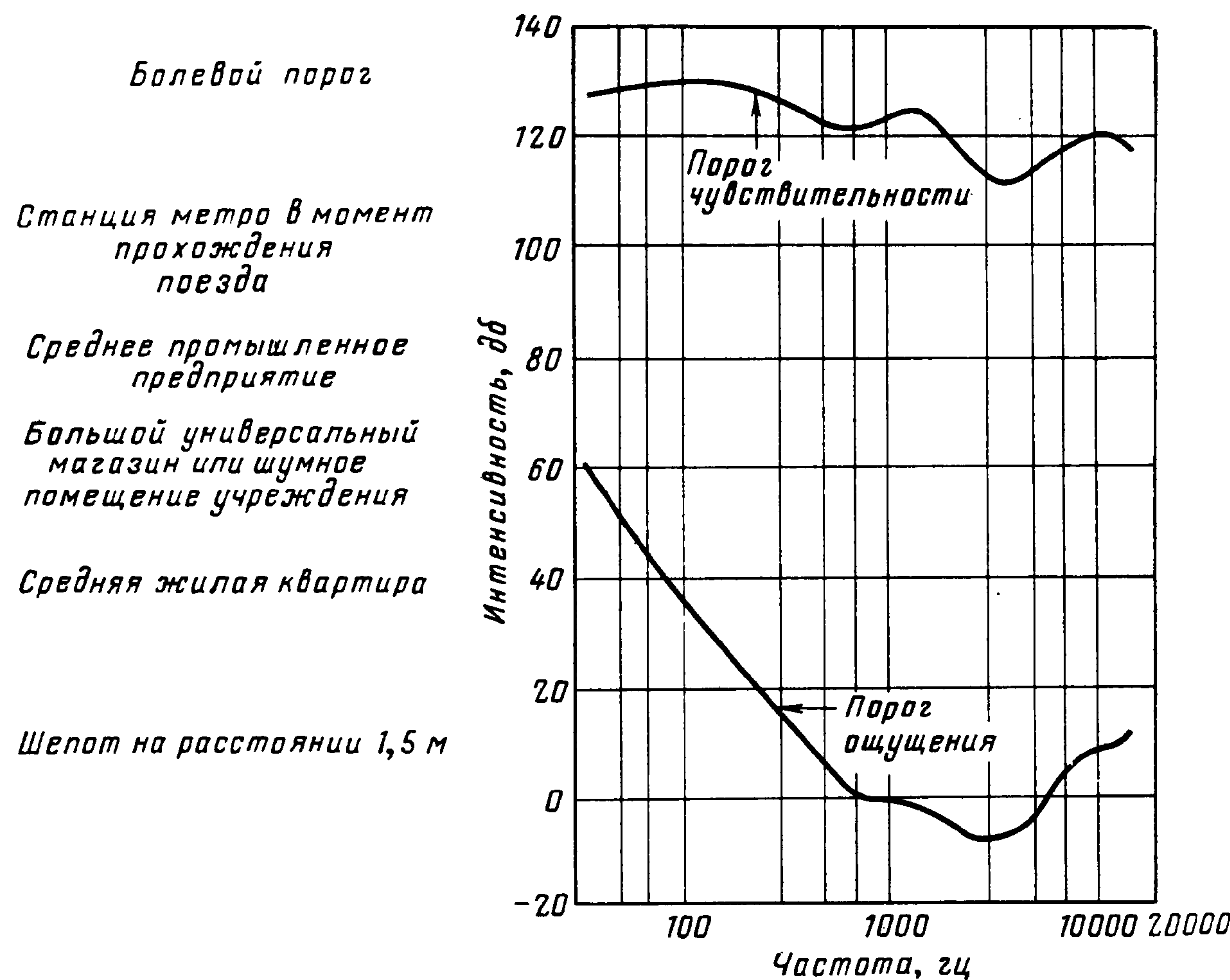


NataHaus

пороги слухового ощущения

Слуховой аппарат человека обладает ограниченной способностью к восприятию звуков. Так же как глаз реагирует только на часть светового спектра, так и ухо реагирует только на часть звукового спектра. Многочисленные звуки, окружающие нас, не обнаруживаются органом слуха, поскольку некоторые звуки имеют чересчур низкую, а другие — слишком высокую частоту и потому неслышимы. Частоты, близкие к верхнему и нижнему пределам слышимости, вызывают слуховое ощущение лишь при большой интенсивности и по этой причине обычно неслышимы. С другой стороны, звуки очень большой интенсивности могут вызвать боль или даже повредить слух. Эти звуки мы здесь не рассматриваем. Хотя количество воспринимаемых человеком звуков колоссально, область звуков, на которые ухо реагирует, составляет лишь небольшую часть звуковых колебаний.

Обычно считается, что человек воспринимает звуки в интервале частот от 20 до 20 000 *гц*, как показано на помещенном ниже графике. Необходимо, однако, обратить внимание на тот факт, что ограничение слухового ощущения по частоте зависит от интенсивности звука, особенно вблизи порогов слышимости.



Пороги для отдельных людей сильно отличаются друг от друга, особенно в области высоких частот. Порог слышимости одного человека может меняться и с течением времени. Ухо устроено так, что с возрастом его способность реагировать на высокие частоты понижается. Эта особенность более подробно разбирается ниже (см. стр. 4-31).

Когда интенсивность звука возрастает до очень высоких значений, частотные компоненты, которые обычно рассматриваются как расположенные ниже или выше порогов слышимости, могут все же вызвать слуховое ощущение. Эти звуки по своим частотным характеристикам находятся вблизи порога ощущения, поэтому, даже если они слышатся, трудно правильно оценить их высоту. Слуховое ощущение, вызываемое такими очень интенсивными звуками, вероятно, возникает из-за каких-то искажений в слуховом аппарате, вследствие чего звуковая энергия разлагается на компоненты, часть которых становится слышимой. Этим можно объяснить случаи слышимости очень низких (около 5 *гц*) и очень высоких (до 100 000 *гц*) звуков.

Границы слышимости по интенсивности простираются от минимальной интенсивности, которая едва может вызвать слуховое ощущение, до интенсивностей, при которых начинаются болевые явления. Границы слышимой интенсивности звука сильно меняются в зависимости от его частотной характеристики. Наибольшие различия имеют место вблизи порогов слышимости. Уровень звукового давления, вызывающий неприятное ощущение, более или менее постоянен для всех слышимых частот.

Минимальная интенсивность звука, на которую реагирует орган слуха, меняется в зависимости от частоты в пределах 80 *дб* и даже более, как видно из приведенных слева кривых. В области звуковых частот, соответствующих наибольшей чувствительности (2000—3000 *гц*), способность тонкого слуха реагировать на малые изменения звукового давления поистине удивительна. Даже нормальное ухо реагирует на столь малые давления, как 1/3 000 000 $г/см^2$. Давление звука у болевого порога может быть выше минимального порогового давления в несколько миллиардов раз.

В пределах слышимых частот и интенсивностей индивидуальные различия минимальных порогов достигают 20 *дб* и более. Порог слухового ощущения одного человека может на протяжении короткого промежутка времени изменяться в пределах 5 *дб*. Ввиду этого обстоятельства кривая минимальной слышимости (см. график на стр. 4-10) носит несколько произвольный характер. Тем не менее ориентировочная кривая слышимости была принята Американской ассоциацией стандартов для определения минимального воспринимаемого человеком звукового давления. Минимальная интенсивность звука при частоте 1000 *гц* принята за 0 *дб*. Она соответствует звуковому давлению 0,0002 $дин/см^2$, что на 73,8 *дб* ниже давления 1 $дин/см^2$.

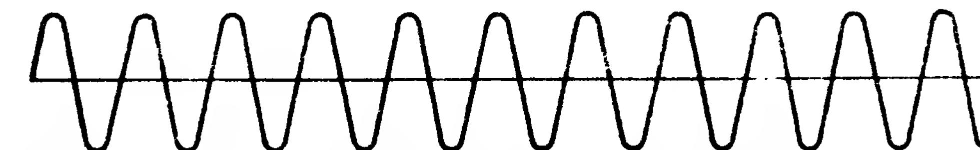
В отличие от минимального порога «порог дискомфорта» (трудно переносимая громкость звука) остается примерно одинаковым по интенсивности для всех слышимых частот. Когда звук достигает уровня около 120 *дб,* он становится дискомфортным; при 130 *дб* звук вызывает неприятное ощущение; при 140 *дб* появляется болевое ощущение.

дифференциальные пороги слухового ощущения

Акустическая связь в большинстве случаев основана на обнаружении изменений в сигнале. Уровень изменений частоты и интенсивности звука, вызывающий едва заметные изменения в ощущении, иначе говоря, дифференциальный порог слуха, представляет поэтому большой интерес для конструкторов сигнального акустического оборудования.

Разность частот, необходимая для того, чтобы вызвать едва заметное отличие звуков по высоте, существенно варьирует в зависимости от частоты. При низких частотах воспринимаются меньшие разности частот, чем при высоких. Однако чувствительность к разности частот зависит не только от частоты, но и от уровня громкости. Ниже уровня громкости 20 *дб* ухо быстро теряет способность обнаруживать изменения в частоте. Выше этого уровня ухо достаточно точно обнаруживает изменения в 3 *гц* и меньше в звуках частотой 1000 *гц* и менее. При других частотах едва воспринимаемое различие остается достаточно постоянным, составляя 0,3% от частоты звука.

Способность различать изменения громкости также зависит как от интенсивности, так и от частоты. При уровнях громкости порядка 20 *дб* и менее необходимый прирост интенсивности, который воспринимается как едва слышимое изменение громкости, относительно велик: в зависимости от частоты он изменяется от 2 до 6 *дб.* Выше уровня громкости 20 *дб* наблюдается прирост интенсивности от 0,5 до 4 *дб,* исключая крайние частоты, при которых прирост несколько выше. В пределах частот от 500 до 10 000 *гц* чувствительность человека к различиям в интенсивности звуков является максимальной.



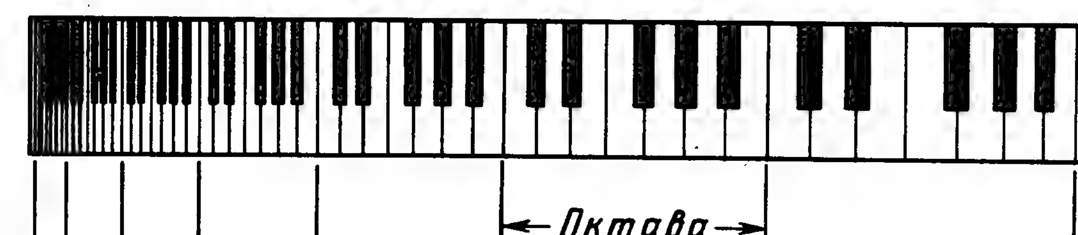
характеристики чистых тонов

Работы по изучению связи между параметрами звука и слухового ощущения проводятся с использованием в первую очередь чистых тонов потому, что многочисленные субъективные характеристики, связанные со сложными звуками, затрудняют оценку звука слушателем. Однако это вовсе не значит, что полученные таким образом данные будут относиться только к чистым тонам. Установлено, что в некоторых случаях зависимости для чистых тонов и для сложных звуков сходны; в других же случаях они не совпадают. В разделе «Характеристики сложных звуков» приводятся краткие сведения об отличительных чертах сложных звуков (см. стр. 4-16).

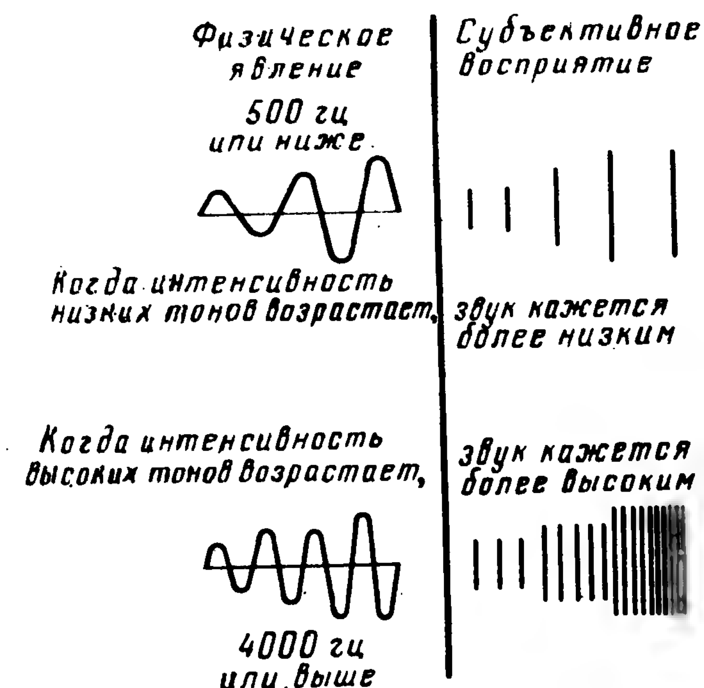
При изучении влияния физических параметров звука на субъективно воспринимаемую высоту обнаружено, что при некоторых условиях каждый из параметров по-своему воздействует на высоту. При этом частота имеет наибольшее влияние по сравнению с интенсивностью и продолжительностью звука.

Зависимость воспринимаемой высоты звука от его частоты представляет собой кривую, наклон (первая производная) которой уменьшается по мере возрастания частоты (если последняя изменяется по линейной шкале). Таким образом, с возрастанием частоты от нижнего порога каждая единица высоты соответствует все большему частотному интервалу. Отсюда вытекает, что единицу высоты лучше всего сопоставлять с логарифмическим интервалом частоты. Однако, как уже указывалось выше, шкала полутонов, которые являются логарифмическими интервалами частоты, не имеет линейной связи с высотой. Если использовать логарифмическую шкалу частот, то зависимость высоты звука от частоты примет вид S-образной кривой. В логарифмических единицах высота звука возрастает медленно при низких частотах, быстрее в средней части (между 1000 и 10 000 *гц*) и снова медленно при частотах, приближающихся к верхним пределам слышимости.

Описанную зависимость можно наблюдать на примере «логарифмической» клавиатуры [2], т. е. фортепианной клавиатуры, основанной на логарифмических интервалах, так что равные расстояния на клавиатуре соответствуют равным высотным интервалам.



NataHaus



Высота звука более чем другие параметры слухового ощущения сохраняет стабильность при изменении физических характеристик звука. Однако при определенных частотах такая характеристика звука, как его интенсивность, становится важной переменной, влияющей на высоту чистого тона. При этом изменения интенсивности по-разному влияют на высоту при низких и при высоких частотах. С возрастанием интенсивности низкие тона (ниже примерно 500 *гц*) кажутся ниже, а высокие тона (выше 4000 *гц*) кажутся выше. При средних частотах, к которым слух наиболее чувствителен, изменение интенсивности почти совсем не влияет на высоту звука. Чистые тона, частоты которых расположены приблизительно между 500 и 4000 *гц*, имеют почти постоянную высоту, даже когда их интенсивность изменяется в широких пределах.

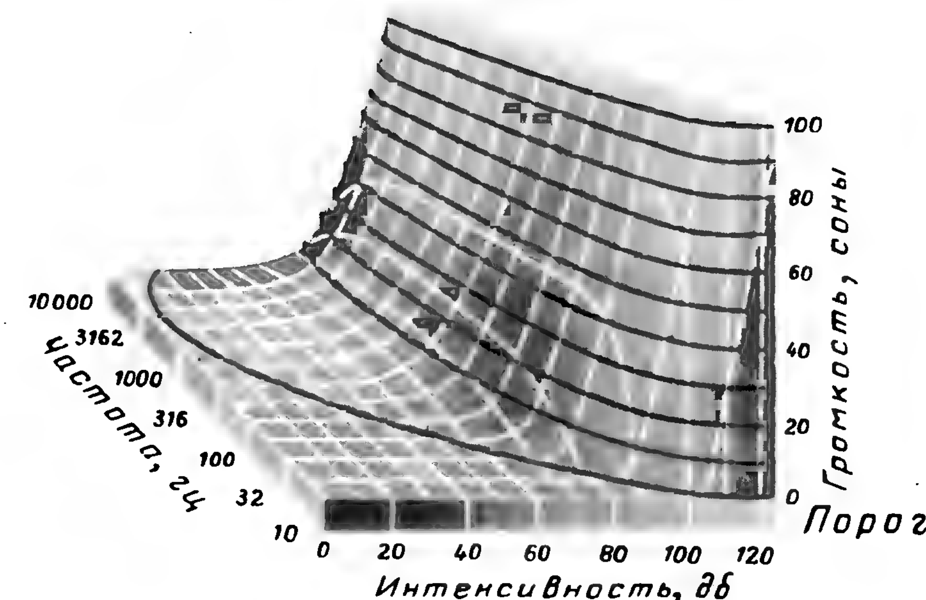
Влияет на высоту звука и его длительность. При очень малой длительности звука высота тона не будет воспринята — звук покажется атональным щелчком. Это происходит при длительности звука, равной примерно 0,01 *сек* или меньше; эта критическая длительность, однако, в какой-то мере зависит от частоты. При увеличении длительности звука щелчок постепенно превращается в звук, имеющий высоту, но при этом высота его обычно кажется ниже той, которой обладает тон такой же частоты, но более длительный. При длительности звука порядка 0,1 *сек* восприятие высоты тона уже значительно лучше, приближаясь к нормальному восприятию.

При рассмотрении громкости и ее отношений к объективным физическим параметрам звука мы обнаруживаем, что интенсивность является главным фактором, от которого зависит громкость, однако частота и продолжительность звука также влияют на изменения громкости. Как и высота звука, громкость находится в сложной зависимости от физических параметров звука.

Поскольку успешное исследование влияния интенсивности на громкость возможно лишь при соблюдении условия неизменности остальных параметров звука, примем за исходный звук с частотой 1000 *гц* и длительностью не менее 0,1 *сек*. Это удобный эталон для сравнения, поскольку тон с частотой 1000 *гц* избран также для измерения громкости (в фонах), субъективной оценки громкости (в сонах) и высоты (в мелах).

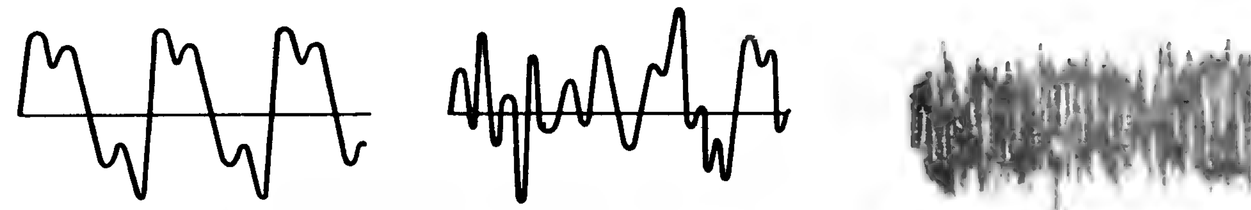
Сопоставление меры субъективной оценки громкости в сонах с мерой интенсивности в децибелах показывает, что громкость возрастает медленно в области низких интенсивностей и быстрее при больших ее значениях.

Когда интенсивность тона частотой 1000 *гц* возрастает от 20 до 40 *дб*, громкость возрастает приблизительно от 0,1 до 1 *сон;* когда интенсивность возрастает от 40 до 60 *дб*, громкость возрастает от 1 до 6 *сон;* при изменении интенсивности от 60 до 80 *дб* громкость возрастает от 6 до 30 *сон*. В интервале интенсивностей от 40 до 100 *дб* между интенсивностью и громкостью наблюдается приблизительно линейная зависимость, но при более низких и более высоких интенсивностях отмечаются существенные отклонения от линейности.



При рассмотрении влияния частоты на громкость мы обнаруживаем, что между частотами 700 и 4000 *гц* громкость максимальна, причем зависимость между громкостью и частотой в этом интервале почти такая же, как и для тона с частотой 1000 *гц*. Ниже и выше этого частотного интервала громкость все более быстро понижается по сравнению с интенсивностью. Однако вблизи пределов слышимости громкость повышается быстрее интенсивности. Например, когда интенсивность тона частоты 50 *гц* возрастает от 20 до 40 *дб* над порогом, его громкость возрастает в 50 раз — от 1 до 50 *сон*. Подобное же возрастание интенсивности тона частоты 1000 *гц* приводит к возрастанию громкости лишь приблизительно в 10 раз — от 0,1 до 1 *сон*. Вблизи верхней границы слышимых частот имеет место сходное явление, но оно менее ярко выражено.

Длительность звука также влияет на громкость. Максимальной громкости соответствует длительность приблизительно 0,5 *сек*. За пределами этого интервала времени может быть небольшое снижение громкости, так как ухо адаптируется к звуку. Для звуков очень короткой продолжительности потеря громкости отчетливо выражена. Критическая длительность звука, ниже которой звук резко теряет громкость, лежит в пределах 0,15—0,2 *сек* и опять в какой-то мере зависит от частоты: при одинаковой длительности звука потеря громкости у тонов низкой частоты больше, чем у тонов высокой частоты. Чтобы сохранить ту же громкость у тонов, длительность которых ниже этого критического значения, требуется повысить интенсивность пропорционально степени уменьшения длительности.



характеристики сложных звуков

Для понимания механизма слухового восприятия важно знать, как орган слуха реагирует на чистые тона. Однако чистые тона встречаются очень редко, преимущественно в лабораторных условиях. Это отчасти связано с особенностями источника звука, отчасти же с характеристиками самого органа слуха. Лишь немногие источники звука вызывают чистые синусоидальные колебания среды. Струна пианино колеблется не только по всей своей длине с характерной для нее основной частотой, но и с другими частотами, кратными основной частоте. Все другие музыкальные инструменты также обладают спектрами колебаний различной частоты и интенсивности.

Высота сложных звуков зависит от присутствия в них среди прочих компонентов какой-то доминантной частоты. Большинство звуков, даже некоторые из тех, которые мы классифицируем как шумы, имеют доминирующие частоты и, следовательно, высоту. Высота сложного звука со случайными частотными составляющими в пределах некоторой узкой полосы будет лежать в ее средине. Так, полоса белого шума, содержащая все частотные компоненты от 1000 до 1100 *гц*, будет по высоте соответствовать тону приблизительно в 1050 *гц*. Важной характеристикой сложного тона является стабильность его высоты.

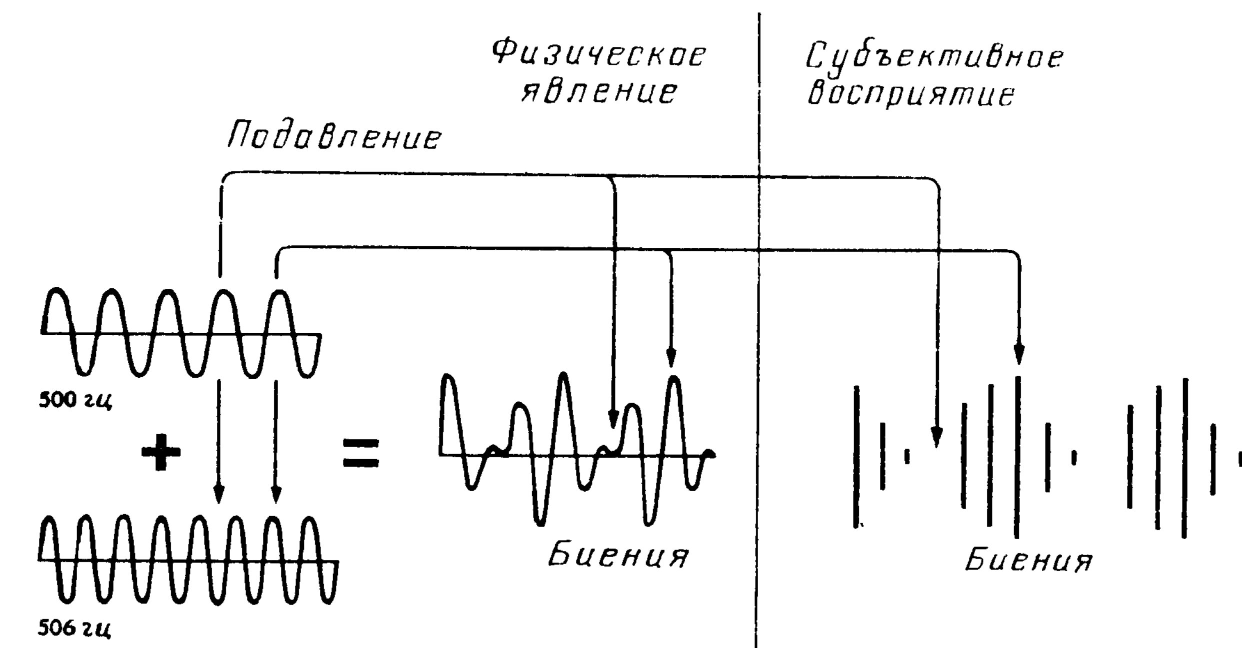
Звуки музыкальных инструментов можно изменять по интенсивности в широких пределах без заметного изменения высоты благодаря стабилизирующему эффекту гармоник средних частот. Для чистых тонов подобное явление, как правило, не наблюдается.

Укажем на несколько интересных наблюдений, сделанных в отношении восприятия громкости сложных звуков. Ухо устроено так, что, когда тоны разделены по частоте достаточно четко, чтобы воздействовать на различные участки основной мембраны, их громкости при восприятии складываются. Например, если пять разных тонов, каждый громкостью в 1 *сон*, одновременно направлены в одно ухо, общая воспринимаемая громкость составит 5 *сон*. Когда же области возбуждения основной мембраны перекрываются, звуки маскируют друг друга и их громкость не суммируется. Этого, однако, не происходит, если два раздельных звука действуют на разные уши. Громкости тонов, сильно различающихся по частоте, действуя на разные уши, не складываются. Когда же тоны достаточно близки по частоте, так что они стимулируют соседние области основной мембраны, громкость начинает суммироваться. Громкости звуков, идентичных по частоте и фазе и направленных в одно или одновременно в оба уха, суммируются.

Различные гармонические составляющие и амплитуды, представленные в сложном звуке, обусловливают ряд их субъективных характеристик, среди которых наиболее важной является качество звука, или его *тембр*.

прочие характеристики

При смешении тонов возникает целый ряд новых особенностей слухового ощущения, которых нет при воздействии на слуховой рецептор простых тонов. Два тона, имеющие одинаковую частоту и совпадающие по фазе, воспринимаются как один тон, громкость которого равна сумме громкостей этих двух тонов. При изменении фазы одного из тонов человек услышит звук той же высоты, но меньшей громкости. Идентичные тона, точно противоположные по фазам, взаимно глушатся и становятся неслышимыми.

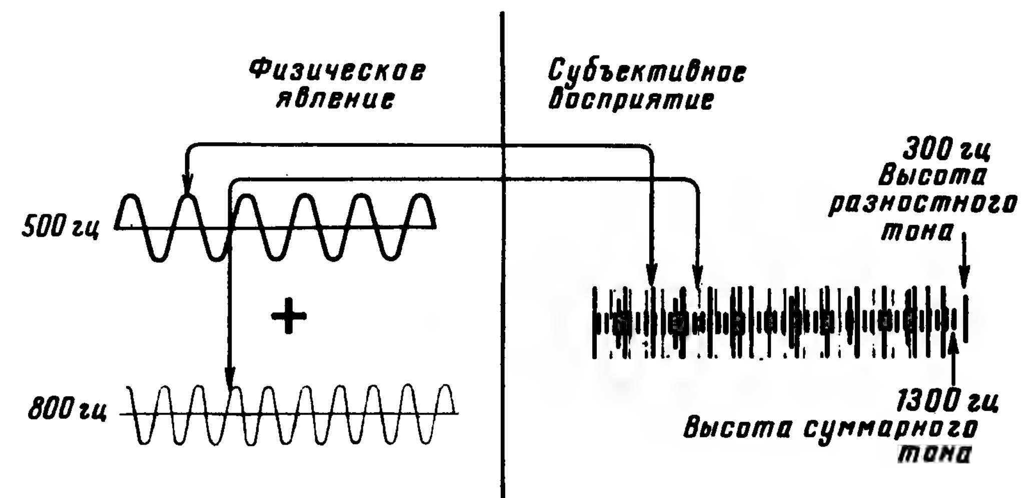


Если два тона с небольшими отличиями по частоте периодически совпадают по фазе, возникают особые колебания громкости. Результирующие звуковые колебания обычно называют ***биениями***. Биения происходят с частотой, равной разности частот двух тонов. Высоты этих двух тонов сливаются, и они слышатся как один тон, называемый ***интертоном***, высота которого является средней между высотами двух слагаемых тонов. При возрастании разности частот этих двух тонов биения изменяют свой характер, проходя через три четкие стадии:

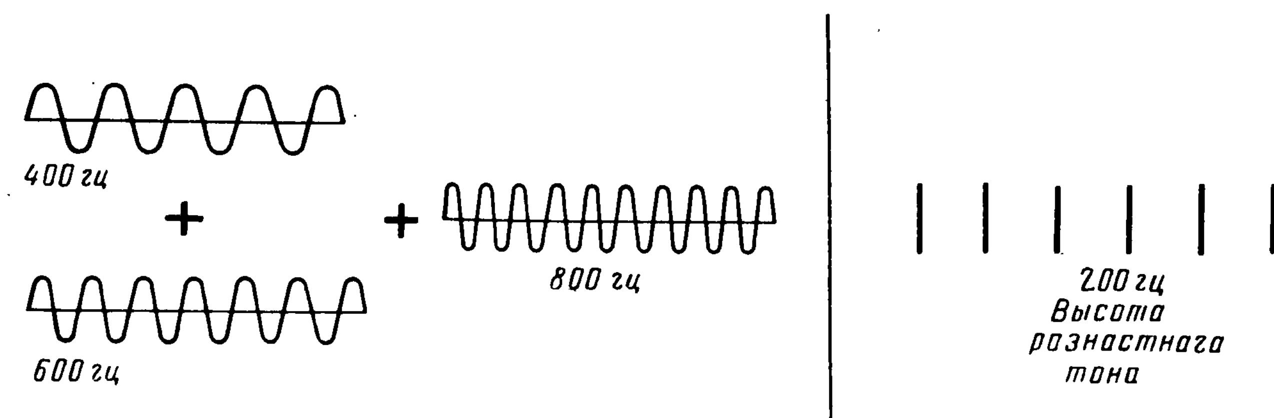
При небольших разностях частот, когда происходит приблизительно до 6 биений в секунду, они слышатся наиболее отчетливо. При этом биения проявляются как плавные изменения громкости. На этой стадии ясно слышен только интертон.

Когда разность частот между тонами возрастает, биения учащаются. Интертон начинает пульсировать и первичные тона могут отделяться в восприятии от интертона. Это наступает приблизительно при 8 биениях в секунду.

При еще больших разностях частот, когда частота биений достигает 20 в секунду, интертон слабеет и кажется уже не пульсирующим, а скорее «жужжащим». В дальнейшем оба исходных тона начинают все более доминировать над интертоном.



Два звука, сильно отличающиеся по частоте, воздействуют на разные части основной мембраны и в зависимости от этого воспринимаются как два четко различимых тона. В этом случае биений не происходит. Однако, если два таких тона имеют большую громкость, будут слышны два дополнительных тона. Особенно громким будет *разностный* тон, частота которого равна разности частот двух исходных тонов; несколько меньшей будет громкость *суммарного* тона с частотой, равной сумме частот первоначальных тонов. Когда два громких тона звучат одновременно, слушатель воспринимает четыре тона разной высоты, как показано на верхнем рисунке.



Интересный результат сложения тонов получается в случае, когда несколько одновременно звучащих тонов отличаются на одинаковый для всех частотный интервал в 100 *гц* или больше. В этом случае возникает особый тон, имеющий дополнительную высоту, определяемую этой общей разностью частот. Таким образом, будет воспринята высота, которой не соответствует никакой реальный тон. Этим объясняется тот факт, что мы можем часто слышать очень низкие басовые тона, исходящие от звуковой системы, которая с физической точки зрения неспособна излучать такие тона.

Простой тон иногда слышится как сложный звук, потому что в пределах самого уха могут генерироваться дополнительные гармоники. Эти звуки известны как *слуховые гармоники*, или *субъективные обертоны*. При восприятии очень громких тонов их число может доходить до 8—9. Слуховые гармоники появляются чаще и в более четкой форме при восприятии низких тонов. В большинстве случаев это явление начинает наблюдаться при интенсивности 50 *дб* над порогом слышимости. Когда интенсивность превышает уровень, при котором появляются слуховые гармоники (50 *дб*), возникают дополнительные еще более сдвинутые по высоте обертоны. Каждая последующая гармоника имеет меньшую громкость, чем предыдущая.



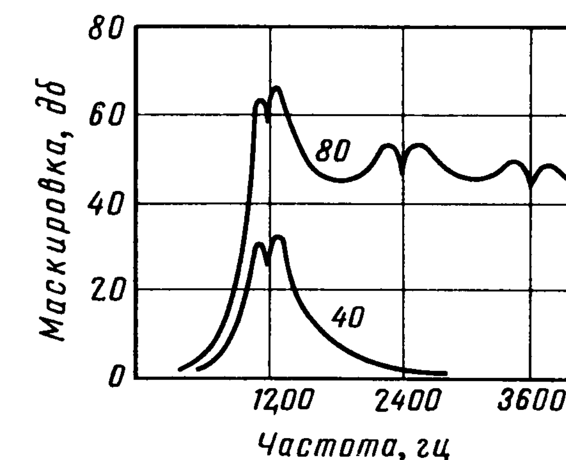
АКУСТИЧЕСКИЕ ПОМЕХИ

Почти всякая система акустической связи содержит нежелательные звуки, которые повышают порог слышимости и снижают разборчивость полезного звука или сигнала. Уровень помех любой частоты выражается числом децибел, на которые порог ощущения чистого тона возрастает из-за наличия помех по сравнению с порогом ощущения этого тона в тишине.

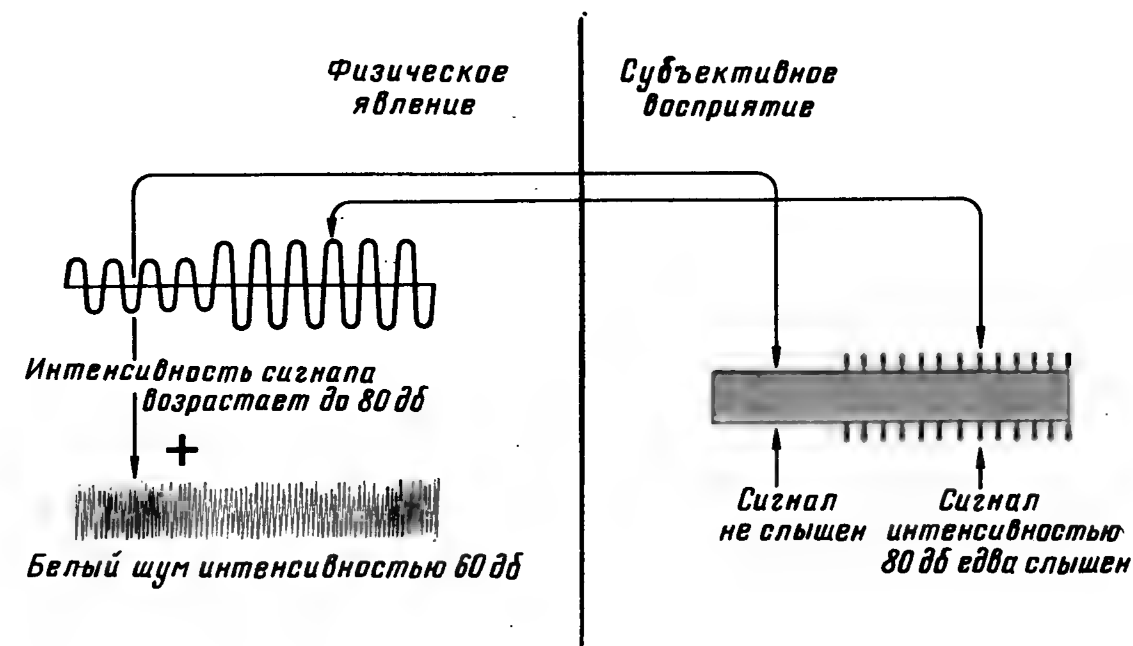
ВЛИЯНИЕ ПОМЕХ НА ВОСПРИЯТИЕ ЧИСТЫХ ТОНОВ

Когда один чистый тон является помехой для другого чистого тона, соотношение между их частотами и интенсивностями определяет влияние помехи на восприятие.

Простой тон как помеха эффективнее при действии на более высокий, чем он сам, сигнал. Наибольшие помехи возникают, когда частота мешающего звука близка к частоте полезного сигнала; по мере возрастания разности их частот влияние помехи уменьшается.



Действие помех возрастает по мере увеличения интенсивности постороннего звука. График [4] показывает уровень помех при частотах полезного сигнала от 200 до 4000 *гц*, производимых чистым тоном в 1200 *гц*. Верхняя кривая представляет уровень помех при интенсивности помехи 80 *дб*, нижняя — при 40 *дб*.



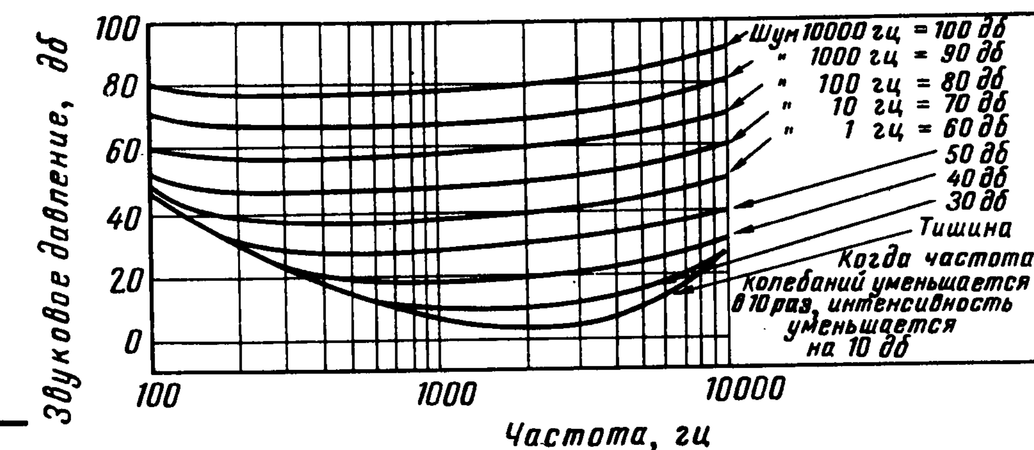
Обнаружено, что наиболее сильно звуковой сигнал, передаваемый посредством чистого тона, подавляется белым шумом. Однако ухо человека может отличить чистый тон, средняя интенсивность которого ниже интенсивности белого шума, когда значительная часть общей интенсивности шума приходится на компоненты, сильно отличающиеся по частоте от полезного сигнала. Эти компоненты незначительно влияют на восприятие сигнала. Практически только относительно небольшая критическая полоса белого шума, близкая по частоте к сигналу, является причиной помех. Ширина этой критической полосы меняется в зависимости от частотного спектра, сужаясь для низких и расширяясь для высоких частот. Вообще говоря, ширина критической полосы приблизительно в 20 раз больше едва различимой человеком разности частот.

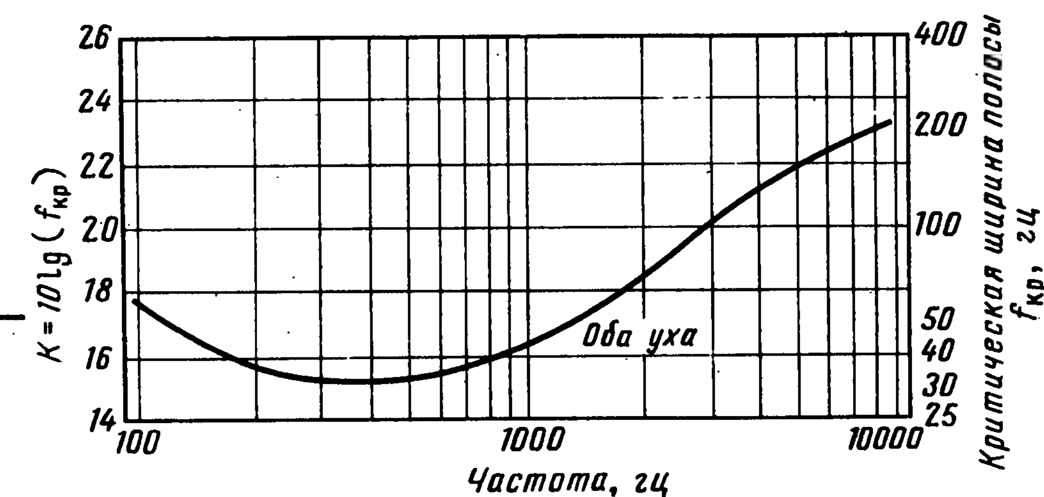
Когда общая энергия, приходящаяся на критический участок белого шума, равна энергии сигнального тона, происходит полное подавление полезного сигнала.

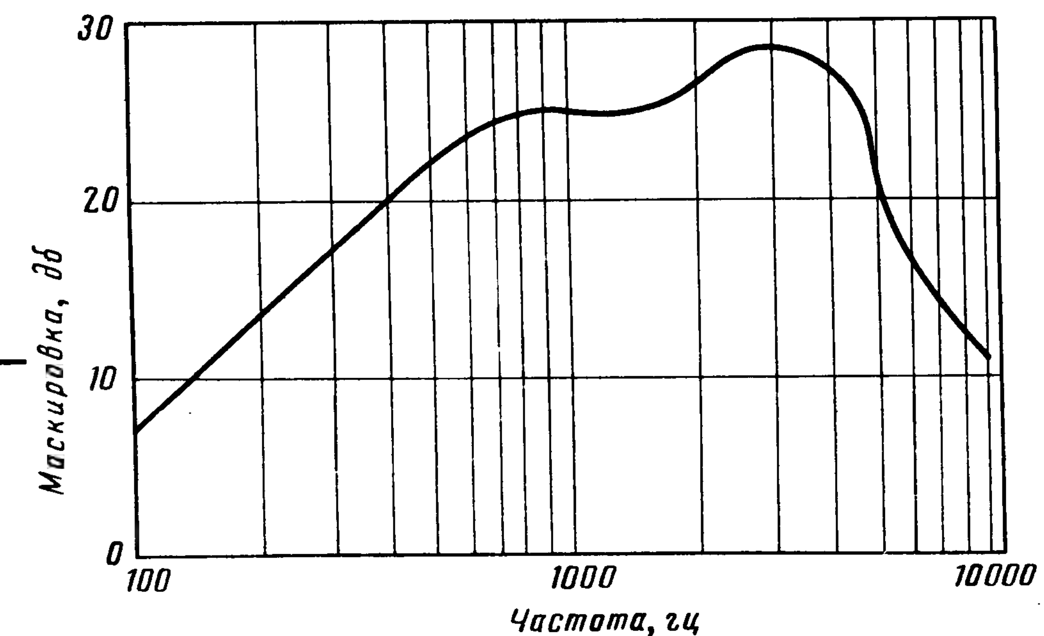
Исследования помех, которые белый шум оказывает на чистые тона, дают ценную информацию; однако конструктор акустической системы редко встретится с простыми звуками и с глушением их белым шумом. Наиболее распространенная проблема — это влияние обычного шума, который обладает нерегулярным спектром с немногими интенсивными компонентами. Проектировщики чаще всего имеют дело с помехами типа обычного комнатного шума. Сикорд установил ряд количественных характеристик такого шума. Он нашел, что в типичном жилом помещении (50% случаев) общий уровень шума при выключенном радио составляет около 43 *дб*. При включенном радио уровень шума поднимается до 50 *дб*. Для учреждения характерен уровень шума 57 *дб*. На обычном производственном предприятии уровень шума достигает 77 *дб*.

Спектральный состав этих типичных шумов включает главным образом низкочастотные компоненты (ниже 3000 *гц*). На графике справа приведено влияние шума со средним спектральным составом интенсивностью 43 *дб*.

В общем случае высота тона, слышимая при белом шуме, остается почти такой же, как в тишине. Однако, когда параметры тона лишь ненамного превышают порог слышимости, высота тона при наличии помех может повыситься на 10%. Громкость чистого тона понижается при наличии белого шума.







влияние помех на восприятие сложных звуков

Принципиальные положения о влиянии помех на восприятие чистых тонов в общем приложимы и к восприятию сложных звуков. Однако есть и существенные отличия, поскольку процессы взаимодействия усложняются беспорядочным характером сложных звуков. В разделе о речи читатель найдет дополнительный материал о помехах.

остаточное действие помех

Наличие звуковых помех не только повышает порог слышимости полезного сигнала, звучащего одновременно с помехой, но может также влиять на порог слышимости последующих полезных сигналов. Это явление глушения звуков предшествующими по времени звуковыми помехами называется *остаточным действием помех*, или *слуховым утомлением*.

Хотя слуховое утомление у разных людей проявляется по-разному, могут быть сделаны следующие обобщения:

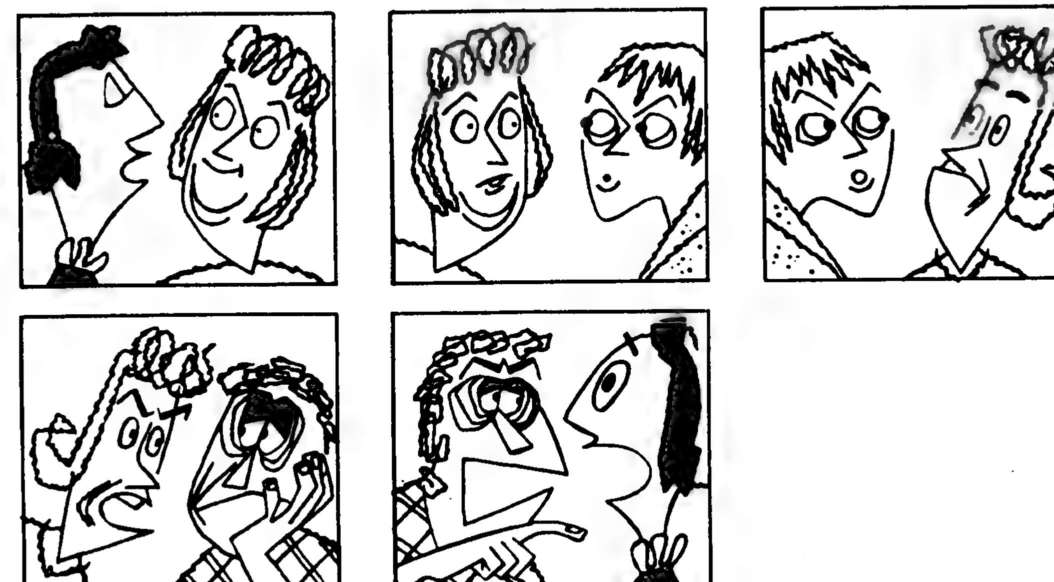
Частотный диапазон остаточной помехи подобен частотному диапазону одновременно действующей помехи и, как и тот, меняется с частотой. Остаточное действие помех меньше для низких тонов, чем для высоких, но слуховое утомление по отношению к частотам, отличным от частоты действующей помехи, более резко выражено для низких тонов, чем для высоких.

Максимальное утомление наблюдается вблизи определенной частоты.

Продолжительность остаточного действия помехи частично определяется средней частотой шума. После воздействия помех низкой частоты ухо быстрее восстанавливает свою первоначальную чувствительность, чем после действия помех высокой частоты.

Интенсивность помехи непосредственно влияет на продолжительность слухового утомления. После действия звуков низкой интенсивности (порядка 30 *дб* выше порога) усталость длится только доли секунды. После действия звуков высокой интенсивности (110 *дб* и выше) восстановление чувствительности слухового анализатора наступает в течение периода от нескольких минут до нескольких дней.

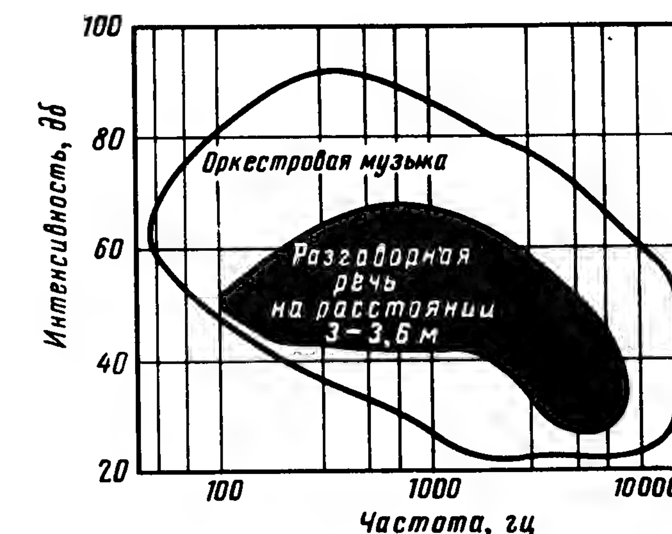
Слуховое утомление возрастает с увеличением продолжительности непосредственного восприятия звука. После восприятия в течение нескольких минут очень интенсивных звуков (130—140 *дб*) чувствительность уха восстанавливается через несколько часов. В то же время период восстановления может быть намного длиннее после очень продолжительного действия звуков более низких интенсивностей.



РЕЧЬ И ЕЕ РАЗБОРЧИВОСТЬ

спектральные характеристики речи

Спектр речи нормального голоса лежит почти полностью в пределах диапазона от 100 до 8000 *гц*. Среднее распределение составляющих речь частот показано на графике [2]. Спектральный анализ речи на протяжении длительного периода времени показывает, что больше половины энергии речи приходится на частоты ниже 1000 *гц*. Поющий голос охватывает несколько большую область, но имеет сходный спектральный состав.



При высоких частотах голос имеет бóльшую направленность

Речь является комбинацией сложных звуков, постоянно меняющихся по частоте и интенсивности. Некоторые речевые звуки характеризуются более высокой интенсивностью. Например, средняя сила звуков в слове «шайба» выше, чем в слове «вельвет», частотные компоненты в слове «мышь» ниже, чем в слове «миска». Обычно гласные звуки и дифтонги в речи более интенсивны, а согласные менее интенсивны. Интенсивность звука при переходе от наиболее громкой гласной к самой тихой согласной меняется приблизительно на 30—40 *дб*.

Среднеквадратичные максимумы интенсивности речи расположены приблизительно на 12 *дб* выше среднего уровня, а самые слабые элементы — на 18 *дб* ниже его.

Кроме характерного понижения интенсивности, согласные звуки вносят в речь также бóльшую неясность. Это очень важно учитывать при исследовании особенностей восприятия речи в условиях шумов или искажения звуков.

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ ГОЛОСА

	НОРМАЛЬНЫЙ ГОЛОС	ПОВЫШЕННЫЙ ГОЛОС	ГРОМКИЙ ГОЛОС	КРИК
Сдвиг, *дб*	–6	0	+6	+12

разборчивость речи

Для выражения эффективности речи используются различные термины — отчетливость, различимость, понятность и разборчивость. Речь может восприниматься в тишине или в условиях, когда она подвергается глушению, искажению или изменению по интенсивности. Чем больше звуков в слове, тем оно отчетливее.

В УСЛОВИЯХ ТИШИНЫ

В идеальных условиях тишины и неискаженной речи интенсивность является единственной переменной величиной. Основная частота естественного голоса, по-видимому, не оказывает существенного влияния на разборчивость: высокий и низкий голос понимаются одинаково хорошо.

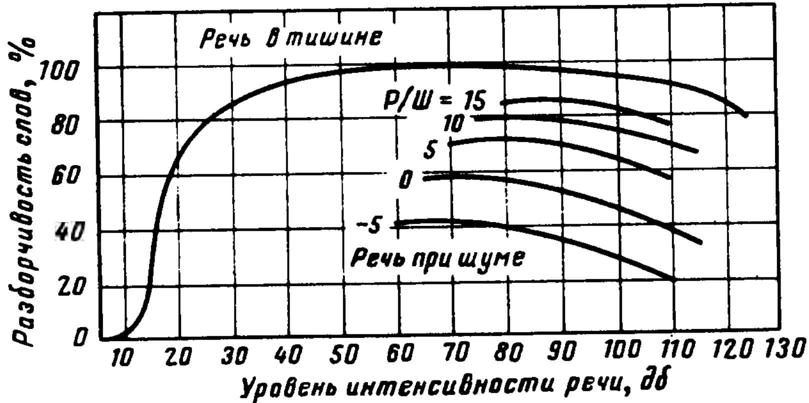
При уровне интенсивности приблизительно 10 *дб* некоторые звуки речи различимы, однако они не воспринимаются в виде связных слов. Когда уровень приближается к 15 *дб*, некоторый процент слов становится понятным. Но уже небольшое возрастание интенсивности выше этого уровня вызывает значительное повышение процента понятных слов. Когда уровень интенсивности речи доходит приблизительно до 40 *дб*, достигается почти максимальная понятность речи. Выше приблизительно 100 *дб* разборчивость речи несколько снижается.

В УСЛОВИЯХ ШУМА

Первостепенным фактором, влияющим на понятность речи в условиях шума, является отношение энергии речи к энергии шума *Р/Ш*, выражаемое в децибелах. Абсолютный уровень интенсивностей речи и шума при этом относительно несуществен; пока интенсивности речи и шума изменяются одинаково, понятность речи изменяется незначительно. Только изменение отношения интенсивности речи к интенсивности шума существенно влияет на разборчивость речи. Процент понятности слов при различных значениях отношения *Р/Ш* показан на графике справа [9]. Из графика также видно, что каждому отношению *Р/Ш* соответствует свой оптимальный уровень интенсивности. Когда уровень интенсивности превышает оптимальное значение, понятность речи снижается, если даже отношение *Р/Ш* остается тем же.

Устное разъяснение способа выполнения сложного задания более понятно, чем применение для этой цели различных печатных материалов.

Если понятность речи остается все время выше 60%, она считается удовлетворительной. При понятности речи ниже 30% она должна считаться неудовлетворительной.



Некоторые звуки речи могут распознаваться и тогда, когда их интенсивность на 18 дб ниже белого шума (*Р/Ш* = –18 *дб*), несмотря на то, что порог разборчивости лежит на несколько децибел выше этого значения. К таким звукам относятся, однако, лишь отдельные очень интенсивные гласные, которые, как правило, мало влияют на разборчивость речи. Только после того, как становятся слышны некоторые из малоинтенсивных согласных звуков, речь становится понятной в условиях помех. Для удовлетворительной передачи большинства речевых сообщений в условиях шума уровень речи должен по крайней мере на 6 *дб* превышать уровень шума. Такое отношение *Р/Ш* не является оптимальным, поскольку при этом только приблизительно 75% слов понятны слушателям. Однако для большинства сообщений этот процент приемлем, поскольку пробелы в информации в большинстве случаев могут быть восполнены самими слушателями. Необходимость обеспечить полную понятность разговорного сообщения возникает сравнительно редко, потому что мы обычно передаем больше информации, чем это в действительности требуется для понимания смысла сообщения.

Из предыдущего можно заключить, что максимальное глушение сигнала имеет место, когда частота шума близка к частоте полезного сигнала или ниже ее. Поскольку значительная часть речевой энергии состоит из низкочастотных компонент (ниже 1000 *гц*), логично предположить, что высокочастотные шумы должны заглушать речь менее сильно, чем шумы низкой частоты. При использовании для глушения речи звуков одной частоты следует учитывать, что наибольшее глушение производит интенсивное синусоидальное колебание с частотой приблизительно 300 *гц*. Однако при снижении интенсивности тона наиболее эффективная частота помех возрастает приблизительно до 500 *гц*.

Когда общая интенсивность речи и шума превышает приблизительно 80 *дб*, одной из причин снижения понятности речи является нарушение нормальной работы слухового рецептора. Как известно, в этих условиях улучшение разборчивости речи может быть обеспечено применением ушных пробок. Пробки не меняют отношения *Р/Ш*, но снижают общий уровень интенсивности звукового воздействия на рецептор до 20 *дб*, обусловливая тем самым повышение разборчивости речевых звуков. Ниже показаны три успешно применяемых типа пробок и приведена таблица, показывающая их эффективность при различных общих интенсивностях звуков.



УЛУЧШЕНИЕ РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ С ПОМОЩЬЮ УШНЫХ ПРОБОК, %

УРОВЕНЬ НАД ПОРОГОМ, *дб*	ОТНОШЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ РЕЧИ И ШУМА (*Р/Ш*), *дб*			
	−5	0	5	10
60	−4	−5	−6	−6
70	0	−2	−5	−4
80	5	3	0	−1
90	7	6	5	3
100	9	7	7	6
110	11*	9	9*	8

* Получено путем экстраполяции.

Заглушающий эффект другого голоса приблизительно такой же, как и белого шума. Ухо способно различать один голос среди двух или трех одновременно звучащих голосов, но при совместном звучании четырех и более голосов интересующая слушателя речь уже практически не может быть выделена из общего гомона.

ИСКАЖЕНИЕ

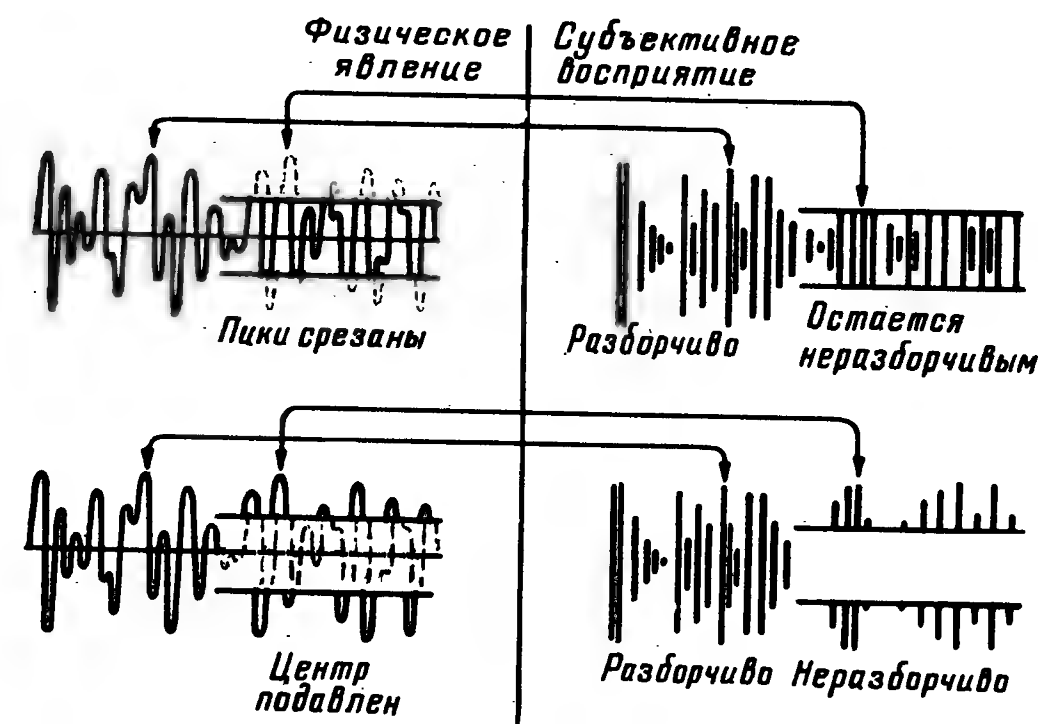
Как мы видели, значительная степень разборчивости речи сохраняется и тогда, когда ее интенсивность и частота меняются в широких пределах или когда она подвергается глушению. Как же влияет на разборчивость речи искажение или даже полное выпадение некоторых ее компонентов?

Речь может быть искажена различными способами: может быть изменена скорость речи, речевой сигнал может прерываться, определенные компоненты сигнала могут исключаться. Могут также использоваться фильтры, которые пропускают только определенные частоты речевого сигнала.

Если изменена скорость подачи речи (например, воспроизведение речи с иной скоростью, чем она была записана), то на все частотные компоненты, так же как и на скорость речи, действует постоянный фактор. Речь может быть ускорена с коэффициентом 1,1 или замедлена до 0,9 истинной скорости без ущерба для ее разборчивости. Если воспроизведение речи ускорено в 1,6 раза или замедлено в 0,7 раза, разборчивость падает до 50%.

Периодическое включение и выключение речи оказывает значительное влияние на ее разборчивость. Вообще говоря, если скорость прерывания достаточно высока (порядка 7000 раз в секунду), разборчивость речи остается вполне удовлетворительной, даже если речь фактически включена всего в течение 15% общего времени. Речь, включенная в течение одной половины времени и выключенная в течение другой его половины, имеет разборчивость 40%, если она прерывается 1 раз в секунду, 85%, если она прерывается 10 раз в секунду, и немного меньше 85%, если она прерывается 100 раз в секунду. Процент разборчивости повышается до 95, если перерывы происходят приблизительно 2000 раз в секунду. На речь, которая включена 75% времени, прерывания с любой скоростью действуют очень незначительно. Эти данные ниже сведены в таблицу.

	ЧАСТОТА ОТКЛЮЧЕНИЙ, $сек^{-1}$	РАЗБОРЧИВОСТЬ, %
50% включено, 50% выключено	2000	95
	100	75
	10	85
	1	40
75% включено, 25% выключено		Незначительное действие



Искажение речи путем ограничения звуков речи по амплитуде выполняется электронной схемой, собранной так, что она пропускает только определенные амплитуды сигналов, срезая другие амплитуды.

Такие фильтры срезают пики звуковой энергии. При достаточно большом усилении оставшейся звуковой энергии главный эффект от срезания пиков состоит в изменении тембра и качества речи, а не в снижении ее разборчивости. Срезание пиков может варьировать в отношении пределов ограничения амплитуд частотных компонентов. Срезание от пиков 6 *дб* едва заметно. Когда у пика срезается 24 *дб*, бо́льшая часть речи разборчива, но обладает малой выразительностью. Даже срезание на глубину, распространяющуюся до самых низких по интенсивности компонентов, полностью не разрушает речь — ее разборчивость остается равной приблизительно 70%.

С другой стороны, для разрушения разборчивости речи достаточно подавления фильтром уже очень небольшой полосы в центральной части колебаний. Удаление 6 *дб* из центра колебаний делает речь совершенно непонятной. Даже изъятие всего лишь 2 *дб* из центра приводит к эффекту, сравнимому с действием максимального ограничения пиков колебаний.

Причина такого большого различия в действии этих двух видов искажений заключается в том, что гласные звуки, от которых разборчивость речи зависит гораздо меньше, чем от согласных, имеют высокую интенсивность, тогда как согласные звуки в большинстве случаев имеют небольшую интенсивность. Ограничение пиков колебаний снижает амплитуду гласных звуков, но пропускает согласные с минимальными изменениями. Подавление же центральной низкоамплитудной части колебаний, наоборот, снижает интенсивность согласных звуков, важных для разборчивости речи, или вовсе подавляет их, оставляя в то же время почти неизменной интенсивность гласных звуков, оказывающих мало влияния на разборчивость речи. Это и делает речь неразборчивой.

Речь «ораторов» наиболее разборчива, когда побочные тона затухают на уровне выше 600 *гц*.



Существует лишь немного электронных систем, которые способны с одинаковой степенью точности пропускать все частотные компоненты. Некоторые системы, называемые фильтрами, конструируются специально для того, чтобы пропускать только компоненты выше или ниже определенной частоты или в пределах определенной полосы частот. Поэтому правомерно поставить вопрос: насколько можно изменить звуковой спектр этими системами при условии сохранения достаточной разборчивости речи?

Рассмотрим прежде всего действие фильтров, пропускающих высокие частоты и задерживающих все частоты ниже некоторой заранее заданной. Когда пропускаются все частоты выше 600 или 700 *гц*, обеспечивается почти максимальная разборчивость речи. Когда частота ограничения поднимается выше этой частоты, разборчивость речи ухудшается. При срезании всех частот ниже 1500 *гц* разборчивость снижается до 75%, ниже 2300 *гц* — до 50% и ниже 3700 *гц* — до 25%.

Когда используются фильтры, пропускающие лишь компоненты речи ниже 7000 *гц*, разборчивость речи не снижается, хотя качество ее звучания несколько ухудшается. Срезание всех частот выше 2000 *гц* снижает разборчивость речи до 75%, а выше 1500 *гц* — до 50%. Компоненты речи ниже 1000 *гц* способны обеспечить лишь 25% разборчивости.

Средняя точка эффективного речевого спектра лежит примерно при частоте 1900 *гц*, при которой восприятие низких и высоких частот одинаково. Однако тот факт, что при этом разборчивость речи равна не 50, а 68%, приводит к предположению, что в случае, когда никакие компоненты речи не срезаются, в наличии имеется больше компонент, чем требуется для оптимальной разборчивости речи.

Для изучения ограниченной полосы частот применяются совместно фильтры высоких и низких частот. Обычный метод состоит в центрировании полосы относительно некоторой частоты и в последующем ограничении ее ширины сверху и снизу симметрично по отношению к этому центру. Таким образом могут быть исследованы различные полосы частот в голосовом спектре и может быть определен их вклад в разборчивость речи.

Интенсивность является важным фактором, определяющим разборчивость речи при ограниченной полосе пропускаемых частот. В общем случае для сохранения достаточной разборчивости речи при сужении полосы частот должна быть повышена интенсивность. При среднем уровне интенсивности полоса частот шириной 400 *гц* с центром при 1500 *гц* будет обеспечивать лишь 10% разборчивости; полоса шириной 1000 *гц* будет давать около 40% разборчивости. Полоса между 250 и 3500 *гц* обеспечивает разборчивость, почти равную разборчивости полного голосового спектра, но ей недостает качественной характеристики звучания полного спектра.

25 Заказ № 492

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НА ИСТОЧНИК ЗВУКА*

Наша способность определять направление на источник звука зависит прежде всего от бинаурального эффекта, который заключается в том, что звук, воспринимаемый левым и правым ухом, неодинаков по громкости, времени достижения уха и спектральному составу. Для некоторых звуков при этом может возникать и разность фаз, которая также помогает определению направления на источник звука. Максимальное использование этих факторов, вероятно, достигается при движении головы и таком ее положении, что звук действует на уши по-разному. Исходя из опыта, мы ожидаем изменения звуковых соотношений при повороте головы, приводящем к изменению условий восприятия звука обоими ушами.



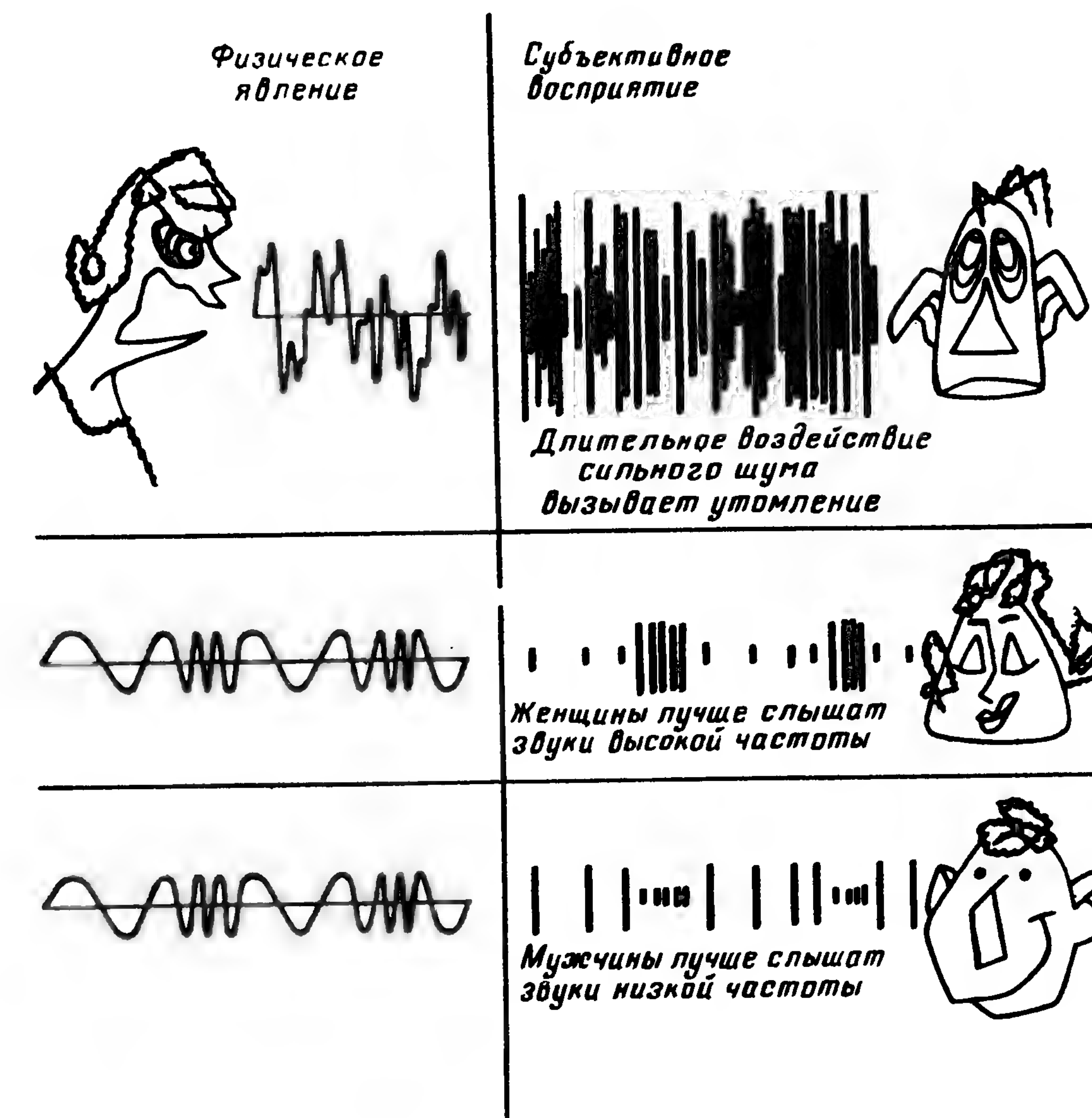
Разница между уровнями интенсивности звука у двух рецепторов сдвигает кажущееся направление на источник звука в сторону уха, воспринимающего более высокий уровень громкости. Этот эффект может быть усилен или, наоборот, ослаблен путем введения временной задержки в канал распространения звука к тому или другому уху.

Когда восприятие щелчка одним ухом отстает по времени от восприятия того же щелчка другим ухом приблизительно на 0,03 *мсек*, звук начинает сдвигаться в сторону второго уха. Когда время запаздывания достигает 0,65 *мсек* и более, звук кажется полностью локализованным в соответствующей стороне. Такая локализация его сохраняется, пока время запаздывания не становится настолько большим (3 *мсек* и более), что слияние пропадает и звук слышится раздельно двумя ушами. Если звуки имеют одинаковый уровень громкости и попадают в оба уха в один и тот же момент, это соответствует положению источника в средней плоскости человека (прямо спереди, сзади или сверху). Если источник звука расположен сбоку от человека, человек редко ошибается при определении направления звука, однако серьезные ошибки в локализации звука возможны, когда источник звука расположен снизу или сверху, спереди или сзади от человека.

Локализация источника чистых тонов определяется человеком не столь точно, как локализация сложных звуков. Происходит это, вероятно, потому, что сложные звуки содержат некоторую дополнительную информацию, сравниваемую обоими ушами. Из чистых тонов человек способен лучше всего локализовать частоты, лежащие в интервале между 500 и 700 *гц*. Вообще направление на звуки высоких и низких частот определяется легче, чем на звуки средней частоты. Наибольшие ошибки допускаются при частоте чистого тона около 2000 *гц*.

---

* Для обозначения ориентации человека относительно источника звука в пространстве в литературе часто применяется термин *ототопика*.— *Прим. ред.*



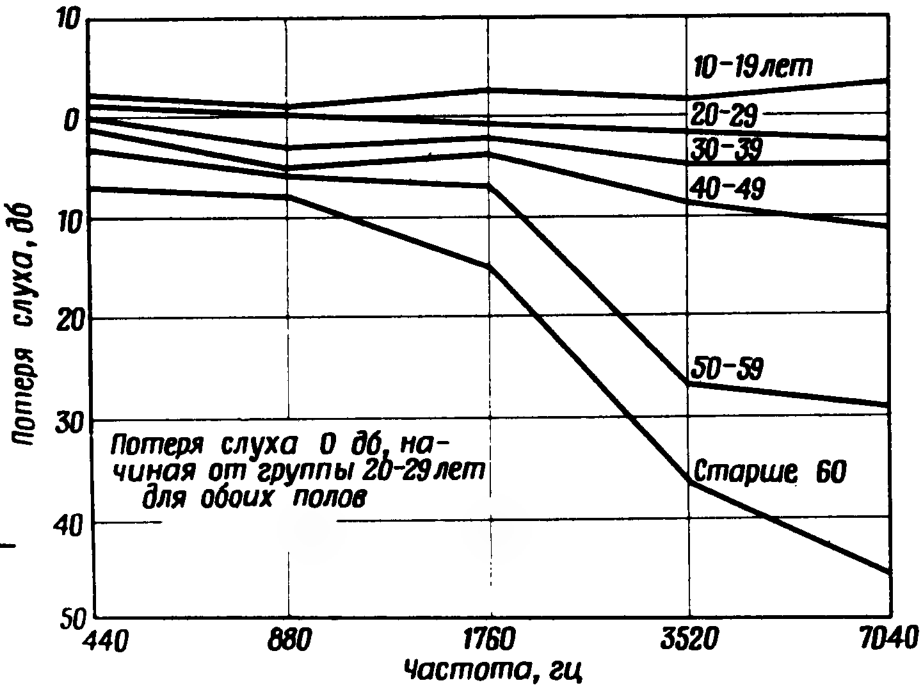
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЛУХОВОГО ВОСПРИЯТИЯ

Люди сильно отличаются друг от друга по остроте слуха. Эта разница обусловлена индивидуальными особенностями людей, возрастными факторами, половыми различиями и продолжительностью пребывания в условиях шума. Сюда не включается небольшой процент людей, обладающих необычными слуховыми способностями или утративших слух в связи с различными заболеваниями.

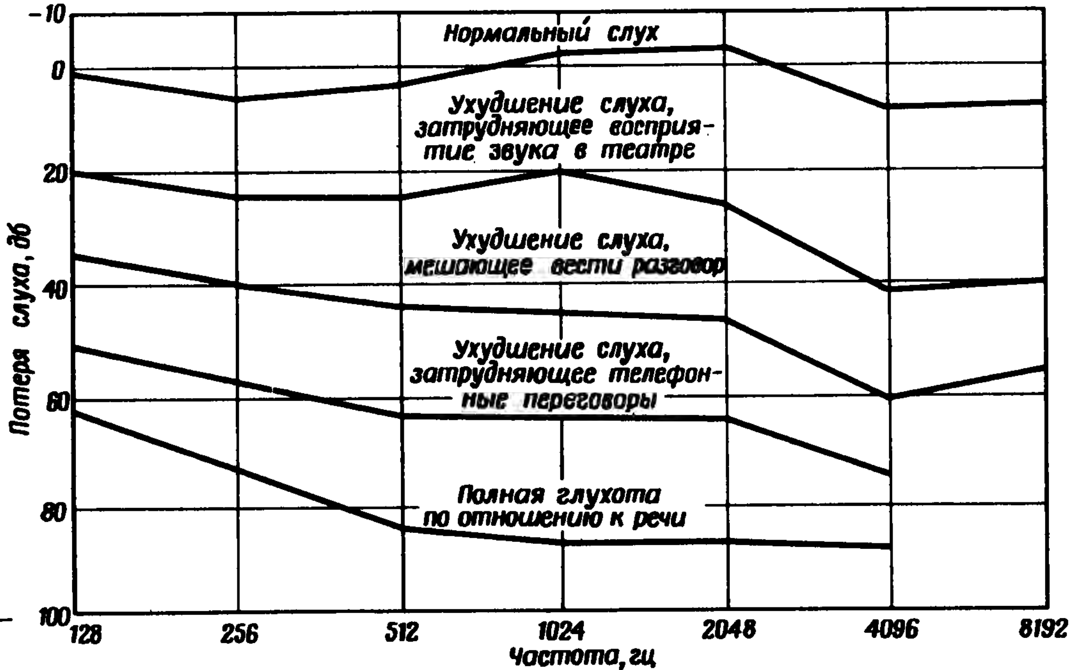
«Нормальный слух» представляет собой относительно сложное понятие. Слуховые пороги даже в пределах группы людей одного возраста и одинакового образа жизни различаются в широких пределах. Это связано с индивидуальными различиями в группе нормально слышащих людей. В этом случае пороги могут колебаться в пределах 20 *дб* и больше. В зависимости от психофизиологического состояния данного человека порог его слуховых ощущений может на протяжении коротких периодов времени колебаться в пределах 5 *дб* и больше.

NataHaus

Вообще говоря, под нормальным слухом подразумевается способность выполнять слуховые функции без заметных потерь в понимании. Однако более глубокое изучение различий между нормальным и ослабленным слухом требует более точных критериев. Наиболее общий критерий нормального слуха основан на учете средних данных о слуховом восприятии большого количества молодых людей в возрасте от 20 до 29 лет. Отбор этой группы как эталона обусловлен прежде всего тем, что возраст оказывает отрицательное влияние на слуховые способности. Другой критерий нормального слуха основан на средних данных группы испытуемых, представляющей всех людей.



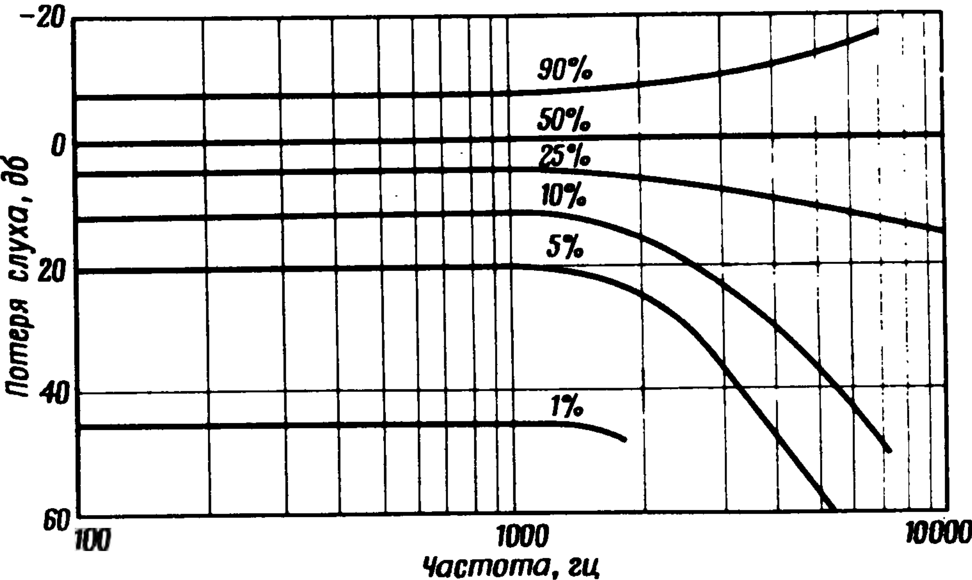
Многие различия в остроте слуха можно объяснить разницей в возрасте. С возрастом обычно происходит понижение чувствительности к звукам высокой частоты (выше приблизительно 1500—2000 *гц*), между тем как к звукам низкой частоты потеря чувствительности проявляется значительно слабее. На графике справа показаны возрастные изменения чувствительности слуха у мужчин. Нулевая точка отсчета получена как среднее значение этих показателей для группы мужчин и женщин в возрасте от 20 до 29 лет.



В пределах групп, сравнимых по возрасту, мужчины и женщины также отличаются по остроте слуха. Низкие частоты (ниже 1760 *гц*) мужчины слышат лучше, чем женщины. Более высокие частоты женщины слышат лучше, чем мужчины.

Некоторые случаи частичной потери слуха объясняются тем, что человек подвергался длительному воздействию громких шумов. Степень потери остроты слуха разными людьми в одних и тех же условиях колеблется в широких пределах. Во всяком случае, воздействие шумов большой интенсивности (выше 85 *дб*) в продолжение длительных периодов времени почти неизбежно приводит к снижению остроты слуха. Как и в случае остаточного влияния звуковых помех, профессиональные потери остроты слуха происходят главным образом в отношении звуков, совпадающих с частотой шума. Однако продолжительное воздействие шумов ведет к частичной или даже полной потере слуха по всему звуковому спектру.

Наиболее серьезным последствием снижения остроты слуха является ухудшение возможностей речевой коммуникации. Влияние потерь остроты слуха на речевую связь измеряется в децибелах. Оно было изучено в работе, проделанной Американской службой здравоохранения. Острота слуха различных людей классифицировалась путем отнесения к одной из пяти категорий, показанных справа на среднем графике [76]. По данным измерений потери остроты слуха в диапазоне речевых частот были вычерчены кривые, соответствующие показателям той или иной категории. На основе данных, собранных на Всемирных выставках 1939—1940 гг. в Сан-Франциско и Нью-Йорке, был составлен другой график [7в], показывающий потерю слуха для различных звуковых частот.



ВЛИЯНИЕ ЗВУКОВ НА ТРУДОВУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Звуки, которые не вызывают непосредственной реакции, могут влиять на выполнение заданий, не связанных со слуховым восприятием. Они могут возбуждать чувство скуки, вызывать усталость или, наоборот, успокаивать. По отношению к деятельности человека звуки могут быть стимулирующими или, наоборот, тормозящими. Некоторые звуки не оказывают значительного влияния на работоспособность.

Всякое возрастание уровня шума над порогом слышимости увеличивает мускульное напряжение и, следовательно, повышает расход энергии. На мускульную деятельность, не требующую тонкой координации и точности движения, непродолжительный шум оказывает небольшое влияние даже при уровнях 120—130 *дб*. Более того, в очень короткие периоды времени он может даже слегка улучшать результаты такой деятельности. Однако на мускульные действия, требующие высокой степени координации и точности, шум влияет отрицательно. Длительное пребывание в условиях шума постепенно приводит к некоторой аккомодации к нему.

Влияние шума на умственную деятельность различно в зависимости от сложности решаемой задачи. На решение простых неоднократно повторяющихся умственных задач шум не оказывает особого влияния, хотя для сохранения высокого качества работы при этом затрачивается больше энергии. Но на всякую умственную деятельность, требующую сосредоточенного внимания, шум оказывает вредное влияние. Некоторая адаптация к продолжительному шуму возможна и при умственной деятельности. Шум не оказывает заметного действия на зрительную адаптацию, восприятие перспективы, темновую адаптацию и оценку расстояний.

Рабочие в условиях шума устают быстрее и более раздражительны, чем в условиях тишины. Высокочастотный шум более утомителен, чем низкочастотный. Беспорядочно меняющиеся звуки раздражают больше, чем постоянные или периодически изменяющиеся звуки.

Обширные исследования были проведены на промышленных предприятиях по изучению влияния на работу различных видов музыки (классической, популярной, медленной, быстрой). Результаты еще не позволяют сделать окончательные выводы ввиду наличия целого ряда факторов, не поддающихся контролю. Установлено, однако, что музыка облегчает выполнение простых повторяющихся заданий и способствует организации трудового процесса. На деятельность, требующую умственного сосредоточения, музыка часто влияет отрицательно.

Исключительное влияние оказывает музыка на общее психическое состояние рабочего: она снижает утомляемость, повышает настроение и улучшает отношения между рабочими. Анкетный опрос показал, что рабочие почти единодушно одобряют передачу музыки во время работы, считая, что она улучшает условия труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Stevens S. S., Davis H.*, Hearing, Its Psychology and Physiology, Wiley, 1938, p. 124.
2. *Boring E. G.* et al., Foundations of Psychology, Wiley, 1948, p.323.
3. *Stevens S. S.* (ed.), Handbook of Experimental Psychology, Wiley, 1951, p. 1002.
4. *Fletcher H.*, Speech and Hearing, von Nostrand, 1943, p. 169.
5. *Nawkins J. E., Stevens S. S.*, Masking of Signals by Noise, Harvard University, Psycho-Acoustic Lab., Rep. № MHR-125 (OSRD 5387), 1 Oct. 1945, p. 9.
6. *French N. R., Steinberg J. C.*, „Factors Governing the Intelligibility of Speech Sounds" *J. Acoustical Soc. Am.*, **19**, 97 (1947).
7. *Knudsen V. O., Harris C. M.*, Acoustical Designing in Architecture, Wiley, 1950; а) р. 30; б) р. 24; в) р. 25.
8. *Chapanis A.* et al., Lectures on Men and Machines — An Introduction to Human Engineering, Systems Res. Lab. (Special Devices Center, Office of Naval Research), Johns Hopkins Univ., Rep. № 166-1-19 (RESTRICTED), 1947, pp. 127, 129.



NataHaus

Глава

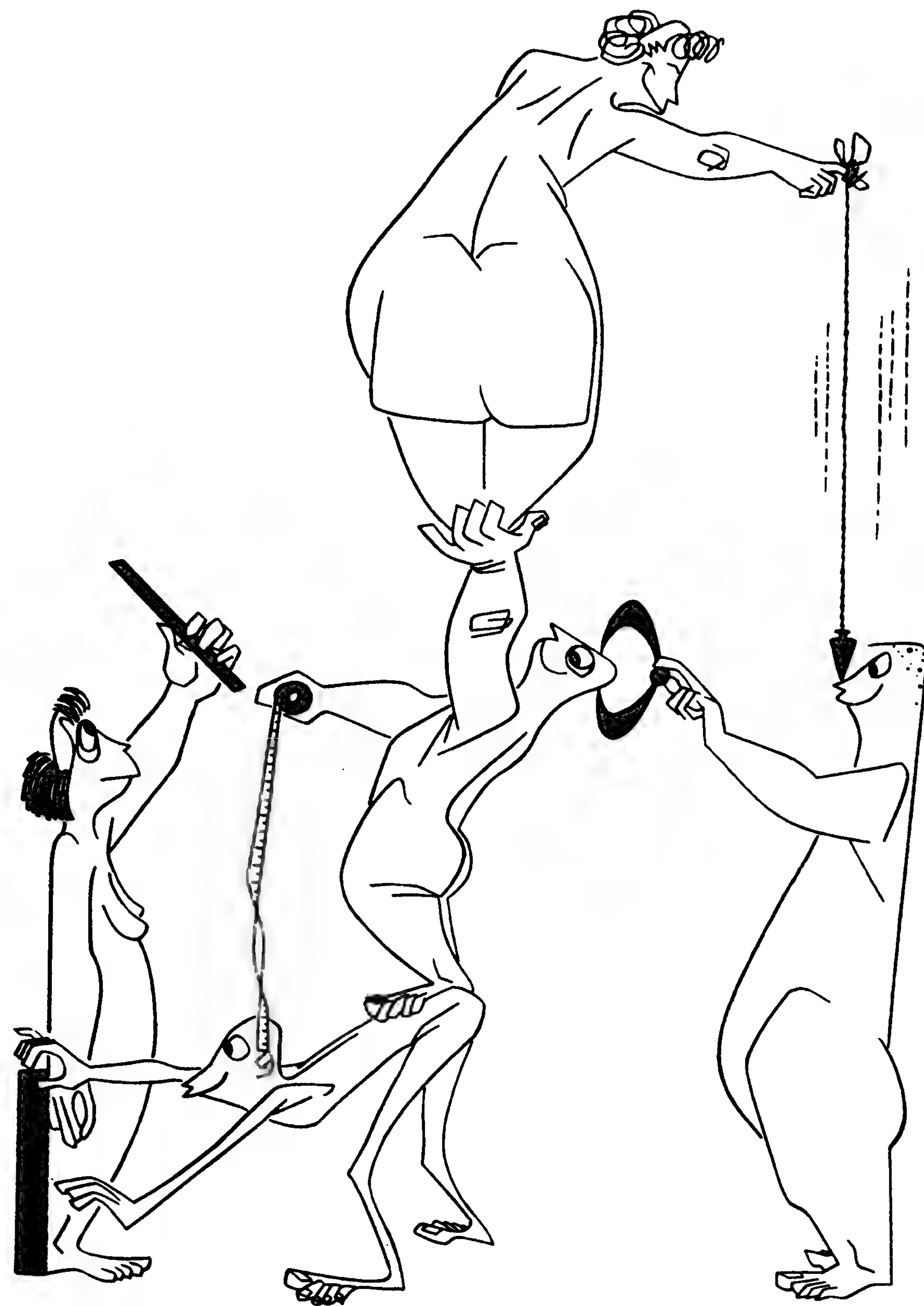
5

ИЗМЕРЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ТЕЛА

Стр. 5-1 Измерения человеческого тела

5-2 Типовые антропометрические признаки
5-3 Измерения головы
5-7 Измерения частей тела
5-11 Соматические типы
5-14 Количественные данные о размерах частей тела
5-20 Влияние одежды на размеры
5-22 Зависимость веса от роста и возраста
5-22 Центр тяжести
5-24 Площадь поверхности тела
5-25 Корреляция роста и обхвата груди с другими антропометрическими признаками
5-28 Подвижность частей тела
5-33 Зоны досягаемости руки
5-34 Сила
5-35 Сила руки, согнутой в локте
5-35 Величина усилия при повороте кисти
5-36 Сила руки человека в скафандре
5-37 Зоны досягаемости ноги
5-37 Сила ноги
5-38* Некоторые антропометрические данные населения СССР

5-44 ЛИТЕРАТУРА



измерения человеческого тела

Данные, приводимые в этой главе, предназначены прежде всего для использования их при конструировании оборудования и планировании рабочего места. Однако измерения проводятся и для многих других целей, например при классификации человеческого тела по расовым, географическим, возрастным и половым признакам.

Антропометрические данные обычно получают, измеряя тело человека в неподвижном статическом положении. Эти данные не отражают динамических свойств человеческого тела, способного вытягиваться, сгибаться, поворачиваться и расслабляться. Кроме того, важно также отметить, что поскольку антропометрические данные являются статистическими, отдельные измерения, взятые в сочетании, естественно могут не соответствовать размерам конкретного человека. Например, в действительности иногда встречается, что человек, обладающий очень высоким ростом, имеет относительно короткие руки.

При использовании данных, помещенных на последующих страницах, все измерения следует оценивать с функциональной точки зрения, т. е. относительно короткие или малые размеры нужно использовать для определения пределов досягаемости, а сравнительно длинные или большие размеры — для определения требуемого минимума свободного пространства.

Идеальным было бы собирать антропометрические данные именно для того контингента людей, который будет пользоваться конструируемым оборудованием. Например, если конструируется кабина для самолета военно-воздушных сил, было бы логично собирать антропометрические данные, характеризующие военных летчиков. Но даже в этом случае вполне могло бы обнаружиться, что летчики-истребители отличаются по своим антропометрическим данным от летчиков-бомбардировщиков.

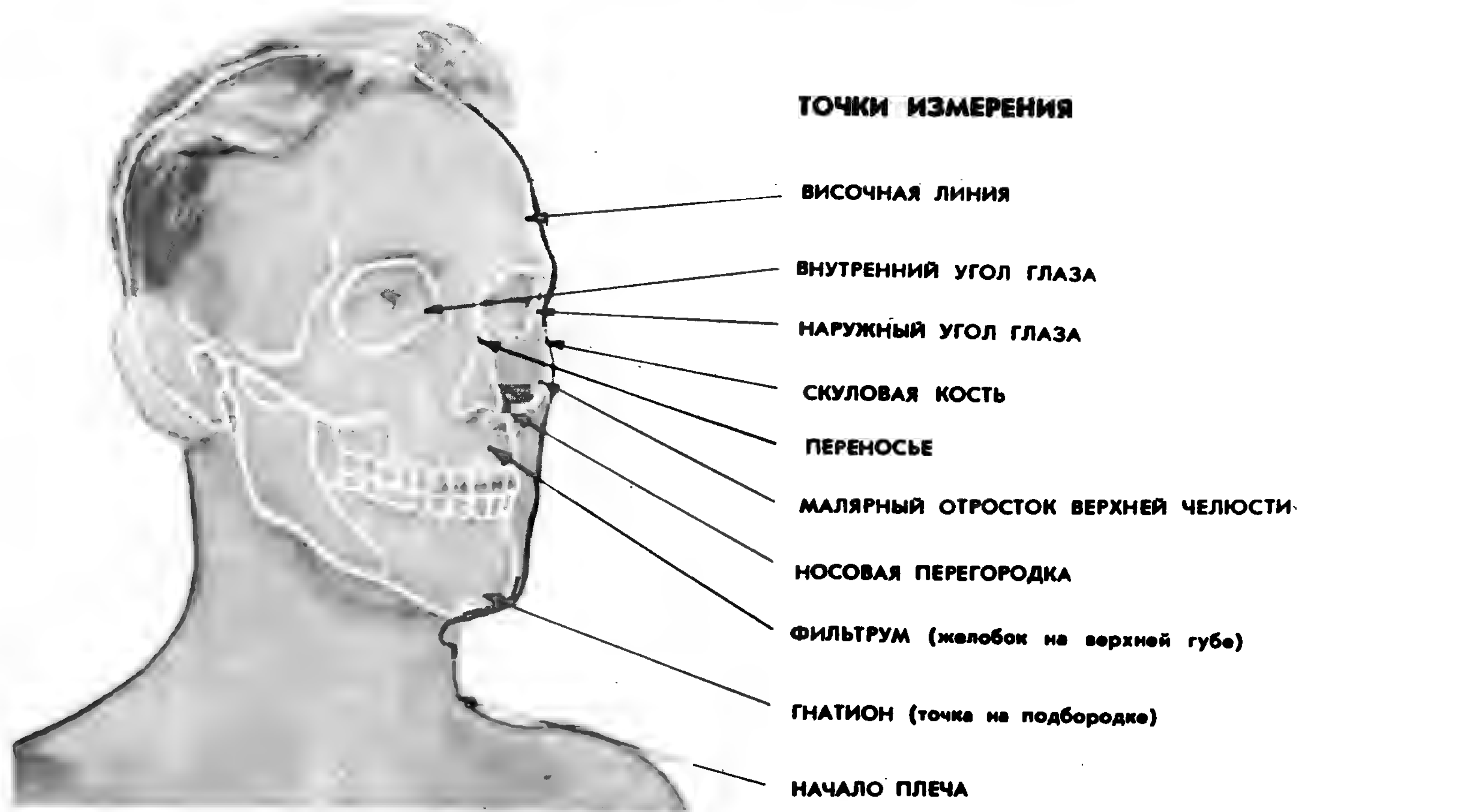
При измерении данной группы людей обычно устанавливается математическое распределение полученных антропометрических признаков. Большинство людей по своим размерам окажется где-то в середине распределения и лишь небольшое число — по краям этого распределения. С экономической точки зрения редко бывает выгодным конструировать изделия из расчета на всех людей; гораздо целесообразнее выбрать подходящий интервал распределения *.

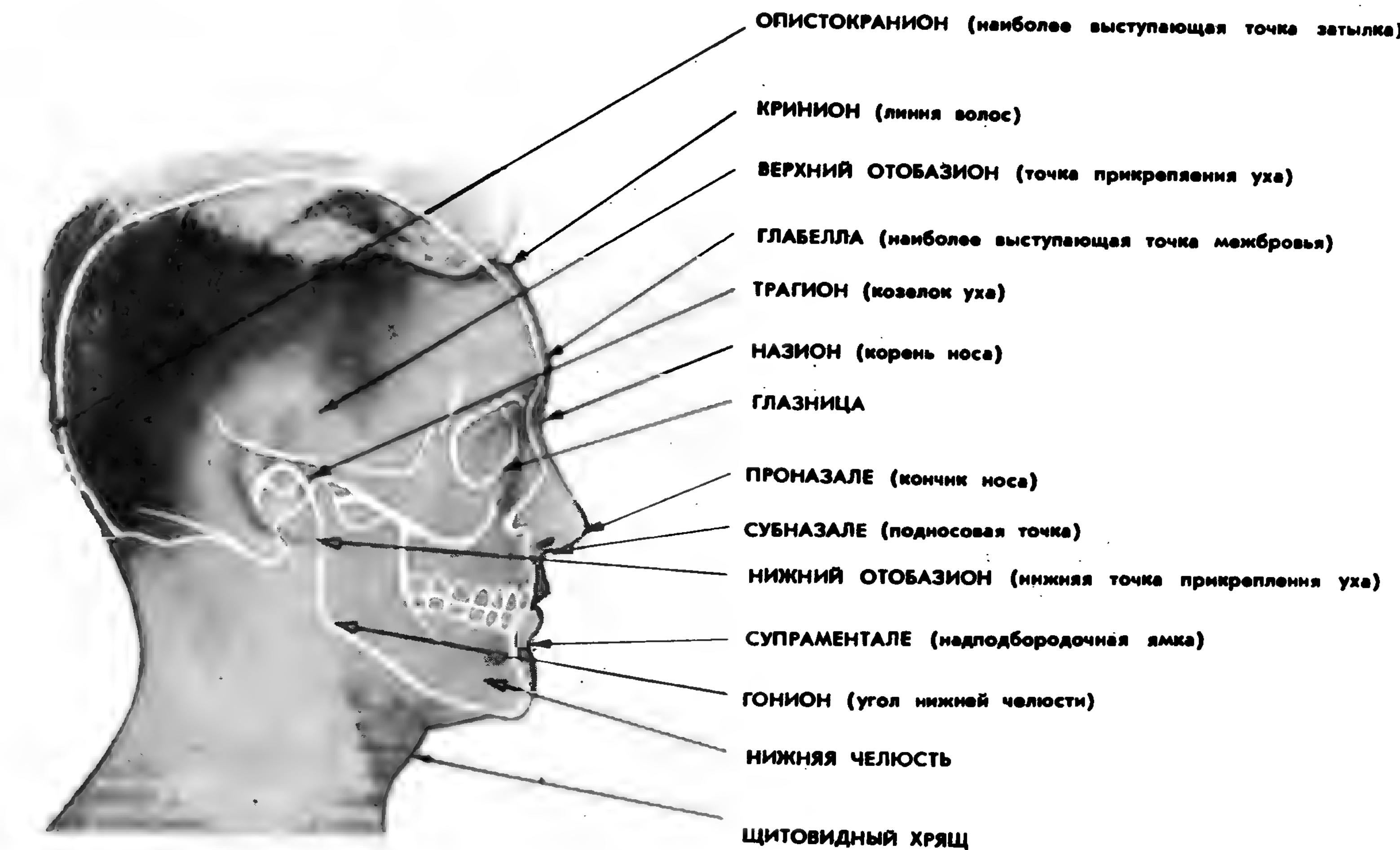
---

* О выборе интервалов см. дополнение редактора на стр. 5-39*—5-42*. Там же приведены антропометрические данные, полученные советскими исследователями на основе измерения населения Москвы. — *Прим. ред.*

NataHaus

ТИПОВЫЕ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ





ИЗМЕРЕНИЯ ГОЛОВЫ

По определенным характеристикам, которые могут быть измерены и скоррелированы, выделяют несколько типов головы. Ниже приводятся перечень измерений головы и иллюстрации, показывающие соответствующие точки замеров. Эти данные основаны на исследованиях, проведенных в Военно-воздушном флоте США во время второй мировой войны [2]. Для выполнения большинства этих измерений используются скользящий и толстотный циркули.

НАРУЖНЫЙ ГЛАЗНИЧНЫЙ ДИАМЕТР. Расстояние между наружными углами глаз

ВНУТРЕННИЙ ГЛАЗНИЧНЫЙ ДИАМЕТР. Расстояние между внутренними углами глаз

ТРАГИОН — ТРАГИОН. Контактное расстояние между козелками ушей

СКУЛОВОЙ ДИАМЕТР. Наибольшая ширина между скуловыми костями (точки обозначаются карандашом)

ШИРИНА МЕЖДУ УГЛАМИ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

ШИРИНА КОРНЯ НОСА. Расстояние между соединениями верхнечелюстной и носовой костей в пределах внутреннего угла глазницы

ШИРИНА ПЕРЕНОСЬЯ. Расстояние между концом костной части носа и верхнечелюстной костью

ШИРИНА ОСНОВАНИЯ НОСА. Расстояние между крыльями носа в спокойном состоянии

ВЫСТУПАНИЕ КОРНЯ НОСА. Расстояние между вершиной внутреннего угла глаза и точкой назион

ВЫСТУПАНИЕ ПЕРЕНОСЬЯ. Расстояние от кончика носовых костей до места соединения носовой кости с костью верхней челюсти

ВЫСТУПАНИЕ КОНЧИКА НОСА. Расстояние от носовых крыльев до точки проназале

ВЫСОТА НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ. Расстояние между точкой гнатион и верхним концом десны между двумя центральными резцами

ТРАГИОН — КОРЕНЬ НОСА. Расстояние между точкой трагион и глубокой точкой корня носа

ТРАГИОН — СУБНАЗАЛЕ

ТРАГИОН — НИЖНИЙ ОТОБАЗИОН

ТРАГИОН — ГОНИОН

ГНАТИОН — ФИЛЬТРУМ. Расстояние между точкой гнатион и срединной точкой фильтрума

NataHaus

ФИЛЬТРУМ — НИЖНИЙ ОТОБАЗИОН. Расстояние между срединной точкой фильтрума и точкой нижний отобазион

СУПРАМЕНТАЛЕ — НИЖНИЙ ОТОБАЗИОН

СУБНАЗАЛЕ — НАРУЖНЫЙ УГОЛ ГЛАЗА

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ШИРИНА УХА. Расстояние между точками верхний отобазион и нижний отобазион

ВЫСТУПАНИЕ ПОДБОРОДКА. Расстояние между точкой гонион и наиболее выступающей вперед точкой на вертикальной средней линии подбородка

ВЫСТУПАНИЕ ПОДБОРОДКА ОТНОСИТЕЛЬНО ШЕИ. Расстояние между наиболее выступающей вперед точкой щитовидного хряща и точкой гнатион

НАИМЕНЬШИЙ ЛОБНЫЙ ДИАМЕТР. Наименьшее расстояние между височными линиями (измерять при умеренном нажиме)

ВЕРХНЯЯ ВЫСОТА ЛИЦА. Расстояние между точкой назион и нижним концом десны между двумя центральными резцами

ВЫСОТА ГОЛОВЫ. Среднее расстояние по перпендикуляру от точки трагион до верхушечной точки головы (измерение проводится во франкфуртской горизонтали*)

ОКРУЖНОСТЬ ГОЛОВЫ. Максимальное из трех измерений по наиболее выступающим точкам затылка и надбровья

ШИРИНА ГОЛОВЫ. Наибольшая горизонтальная ширина головы над ушными отверстиями (измерять при умеренном нажиме)

МЕЖЗРАЧКОВЫЙ ДИАМЕТР. Расстояние между центрами зрачков, когда взгляд направлен вперед

БИМАЛЯРНЫЙ ДИАМЕТР. Расстояние между наиболее выступающими вперед точками верхней челюсти (измерение проводится во франкфуртской горизонтали)

ШИРИНА РТА. Расстояние между углами рта в естественном положении

ШИРИНА ПОДБОРОДКА. Максимальная ширина подбородка, измеренная контактно между точками перехода нижней челюсти в подбородок

ШИРИНА ШЕИ. Диаметр шеи, измеренный в ее средней части

---

* «Франкфуртская горизонталь» — такая ориентировка головы, когда линия, соединяющая край глаза и точку трагион, параллельна горизонтальной плоскости.— *Прим. ред.*

ВЫСОТА ЛИЦА:

ОБЩАЯ. Расстояние между точками криинион и гнатион

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ. Расстояние между точками назион и гнатион

ВЫСОТА НОСА. Расстояние между точками назион и субназале

ДЛИНА НОСА. Расстояние между точками назион и проназале

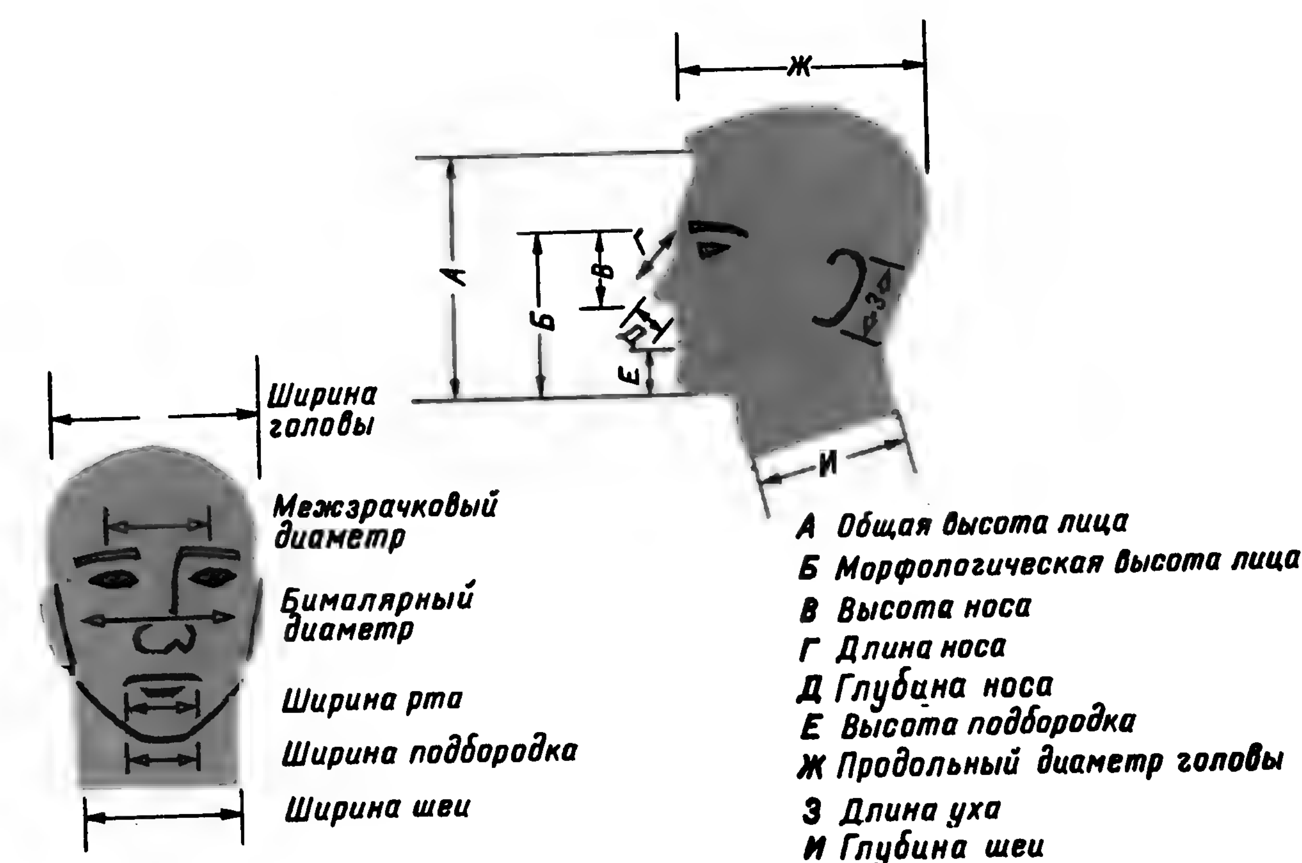
ГЛУБИНА НОСА. Расстояние между точками субназале и проназале

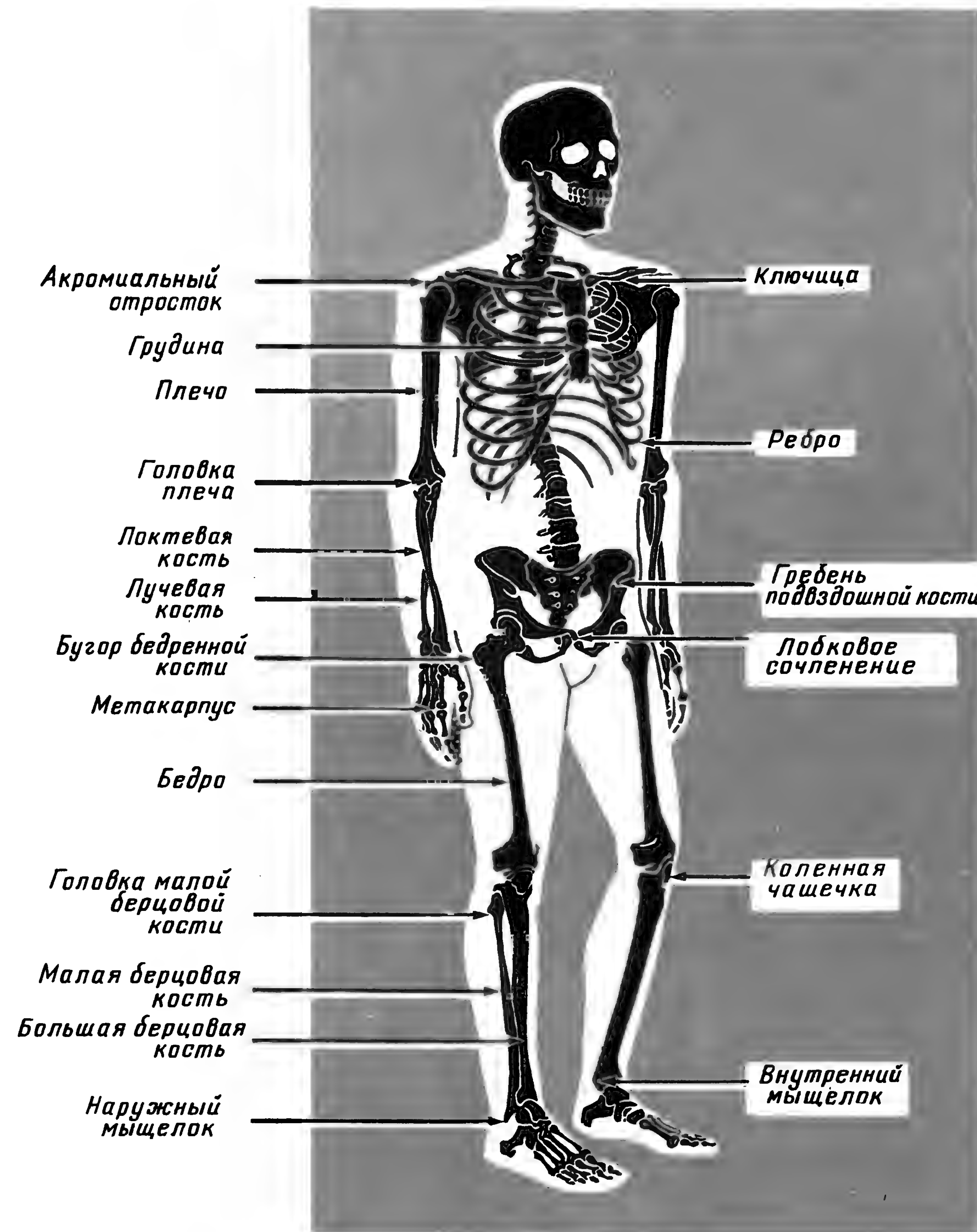
ВЫСОТА ПОДБОРОДКА. Расстояние между точками гнатион и супраментале

ДЛИНА (ПРОДОЛЬНЫЙ ДИАМЕТР) ГОЛОВЫ. Расстояние между точками глабелла и опистокранион (измерять при умеренном нажиме)

ДЛИНА УХА. Максимальное измерение вдоль оси уха

ГЛУБИНА ШЕИ. Расстояние между вершиной щитовидного хряща и задней поверхностью шеи (измерение проводится циркулем по перпендикуляру к оси шеи без нажима)





ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТЕЙ ТЕЛА

Создание оборудования, обеспечивающего эффективную работу оператора, требует в процессе конструирования учета размеров человеческого тела и его частей в различных положениях. Приводимые данные взяты из перечня измерений [2], составленного в Военно-воздушном флоте США во время второй мировой войны на основе измерений главным образом летного состава. Этот перечень применим, однако, и ко многим другим областям деятельности человека.

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКАЯ ШИРИНА ПЛЕЧ. Расстояние между акромиальными точками лопаток

САГИТТАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР ГРУДИ. Расстояние между грудиной и позвоночником в горизонтальном направлении

ШИРИНА ТАЗА. Максимальное расстояние между гребнями подвздошных костей (в положении стоя, с сомкнутыми пятками)

ЛОКТЕВАЯ ШИРИНА. Расстояние между наружной частью локтевых суставов, когда человек сидит с вертикально прижатыми к туловищу руками

НАИБОЛЬШИЙ ДИАМЕТР БЕДЕР. Максимальное расстояние между внешними краями ягодиц, когда человек сидит прямо, с сомкнутыми коленями

ВЫСОТА ГРУДИНЫ НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от нижнего края грудины до пола в положении стоя

ВЫСОТА НИЖНЕГО РЕБРА НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от края нижнего ребра до пола в положении стоя

ВЫСОТА ПУПОЧНОЙ ТОЧКИ НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от центра пупка до пола в положении стоя

ВЫСОТА ТАЗА НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от гребня подвздошной кости до пола в положении стоя

ВЫСОТА ЛОБКА НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от лобковой кости до пола в положении стоя

ВЫСОТА КОЛЕНА НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от вершины коленной чашечки до пола в положении стоя

ШИРИНА КОЛЕН. Расстояние между наружными частями коленных суставов (размер берется в положении сидя с сомкнутыми коленями и ступнями)

ВЫСОТА ВНЕШНЕЙ ЛОДЫЖКИ НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от нижнего конца малой берцовой кости до пола

ВЫСОТА ВНУТРЕННЕЙ ЛОДЫЖКИ. Вертикальное расстояние от нижнего конца большой берцовой кости до пола

ШИРИНА ЛОДЫЖКИ. Ширина сустава, измеряемая у нижних концов большой и малой берцовых костей

ТОЛЩИНА ЛОДЫЖКИ. Расстояние, измеряемое перпендикулярно ширине лодыжки

ВЕС

РОСТ. Расстояние от пола до верхней точки головы, измеряемое спереди или сзади (человек стоит, сомкнув пятки, с выпрямленной спиной, голова во франкфуртской горизонтали)

ДЕЛЬТОВИДНАЯ ШИРИНА ПЛЕЧ. Максимальное контактное расстояние между дельтовидными мышцами плеча (руки, согнутые в локтях, направлены вперед, локти прижаты к туловищу)

ПОПЕРЕЧНЫЙ ДИАМЕТР ГРУДИ. Ширина груди на уровне сосков

ПРОДОЛЬНЫЙ ДИАМЕТР ГРУДИ. Максимальное контактное расстояние спереди назад

ДЛИНА ШАГА. Вертикальное расстояние от нижней паховой точки до пола в положении стоя

ДЛИНА СТОПЫ. Расстояние от пятки до самого длинного пальца левой ноги (человек стоит, равномерно опираясь на обе ноги)

ШИРИНА СТОПЫ. Наибольшая ширина левой стопы (человек стоит, равномерно опираясь на обе ноги)

ОБХВАТ ГРУДИ. Горизонтальный обхват груди под сосками при спокойном дыхании

ОБХВАТ ПЛЕЧА. Горизонтальный обхват на уровне наибольшего объема бицепса

ОБХВАТ ПРЕДПЛЕЧЬЯ. Размер берется в средней части предплечья

ОБХВАТ БЕДРА. Размер берется в средней части бедра в положении стоя

ОБХВАТ ГОЛЕНИ. Среднее из трех измерений в области наибольшего развития икроножной мышцы (размер берется горизонтально в положении стоя, вес равномерно распределен на обе ноги)

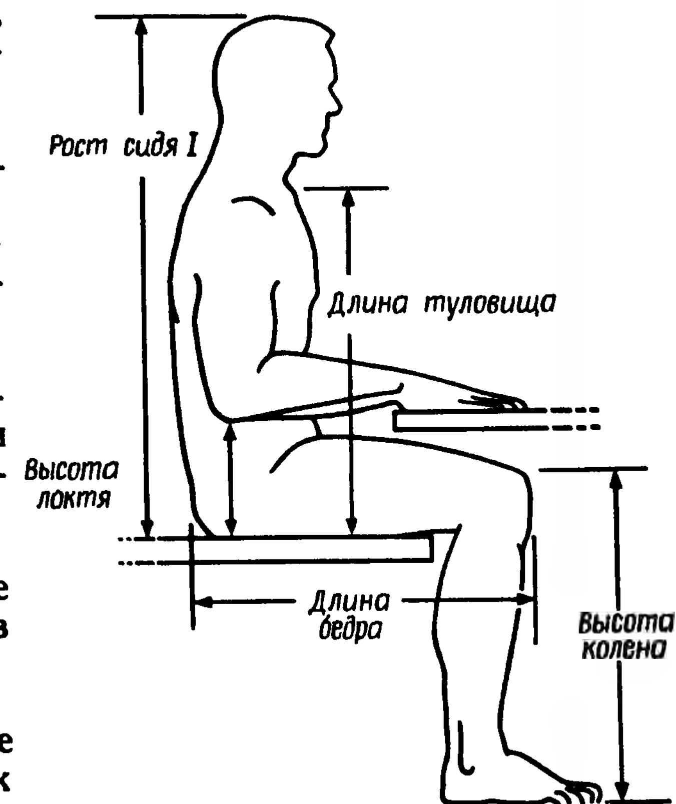
ВЫСОТА ЛОКТЯ ДО СИДЕНЬЯ. Берется между уровнем сиденья и вершиной локтя (человек сидит выпрямившись, плечо в вертикальном, а предплечье в горизонтальном положении)

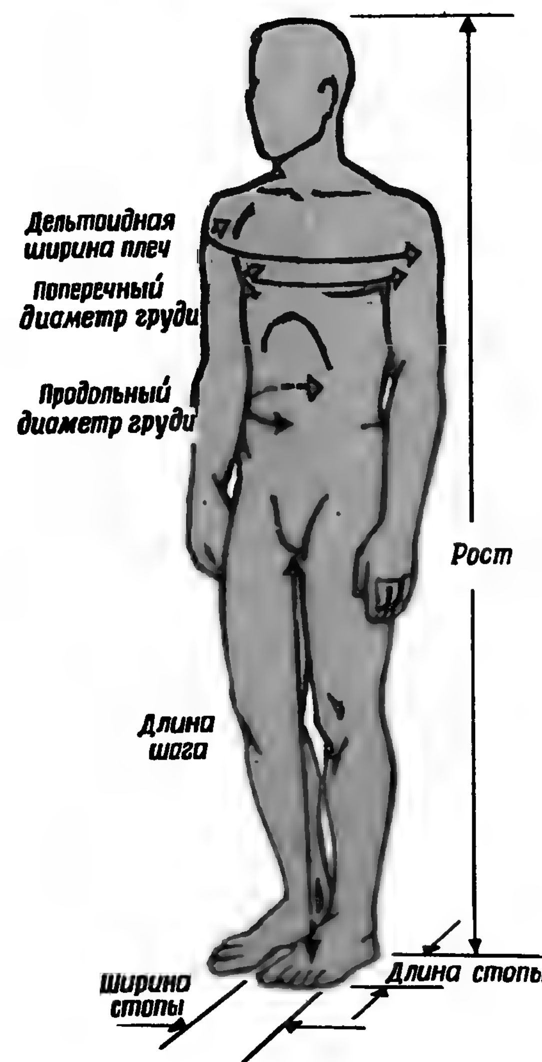
РОСТ СИДЯ. Вертикальное расстояние (измеряемое по спине) от верхней поверхности сиденья до верхней точки головы (человек сидит выпрямившись, ось бедра параллельна сиденью, подколенные впадины не касаются сиденья, ноги свободно касаются пола, голова во франкфуртской горизонтали)

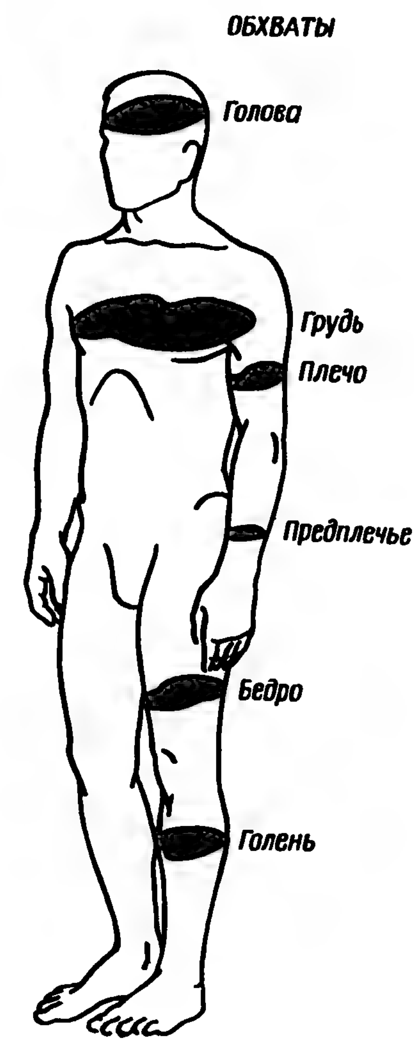
ДЛИНА ТУЛОВИЩА В ПОЛОЖЕНИИ СИДЯ. Вертикальное расстояние (измеряемое спереди) от верхней поверхности сиденья до верхнего края грудины (человек в таком же положении, как и при измерении роста сидя)

ДЛИНА БЕДРА В ПОЛОЖЕНИИ СИДЯ. Горизонтальное расстояние между ягодицей и коленной чашечкой (человек в том же положении, как и в двух предыдущих случаях)

ВЫСОТА КОЛЕНА НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от пола (или основания пятки) до вершины колена (человек в положении сидя).









РАЗМАХ РУК:

ОБЩИЙ РАЗМАХ РУК. Расстояние между концами средних пальцев (руки в стороны на уровне плеч без напряжения)

ЛОКТЕВАЯ ШИРИНА. Расстояние между локтевыми точками измеряется в положении стоя, руки согнуты в локтях, предплечья в вертикальной или горизонтальной плоскости, запястья выпрямлены, ладони вниз, пальцы вместе и выпрямлены, большие пальцы прижаты к груди

МАКСИМАЛЬНАЯ ЗОНА ДОСЯГАЕМОСТИ РУК. Расстояние от стены до кончика среднего пальца правой руки, пальцы и кисти максимально вытянуты (человек стоит, касаясь стены затылком, лопатками, ягодицами и пятками, обе руки вытянуты вперед)

ДЛИНА РУКИ. Расстояние от конца ключицы до кончика среднего пальца; рука опущена вдоль туловища

ДЛИНА ПЛЕЧА ПРИ СОГНУТОЙ РУКЕ. Расстояние от акромиальной точки до локтя (человек сидит выпрямившись, плечо вертикально, предплечье горизонтально)

ДЛИНА ПРЕДПЛЕЧЬЯ ПРИ СОГНУТОЙ РУКЕ. Расстояние от локтя до кончика среднего пальца

ШИРИНА ЗАПЯСТЬЯ. Расстояние между внутренними и наружными мыщелками запястья

ТОЛЩИНА ЗАПЯСТЬЯ. Измеряется перпендикулярно ширине запястья

ДЛИНА КИСТИ. Расстояние от конца малой кости запястья у основания большого пальца до кончика среднего пальца (ладонь вверх, пальцы вытянуты и сложены вместе)

ШИРИНА ЛАДОНИ. Расстояние между внешними сочленениями второго и пятого пальцев правой руки (пальцы вытянуты и сжаты вместе)

СОМАТИЧЕСКИЕ ТИПЫ

Соматотипия является средством количественной классификации различных типов тела. Соматотип обозначается трехзначным числовым кодом, каждый знак которого указывает на степень выраженности у субъекта одного из описанных ниже трех компонентов. Цифрой «1» обозначается наименьшая, а цифрой «7» наибольшая степень присутствия данного компонента.

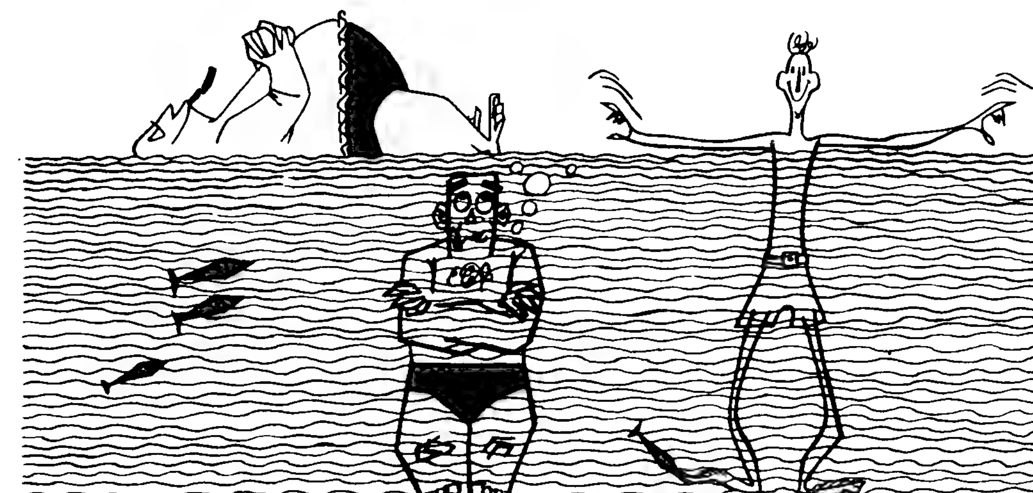
В противоположность ранее перечисленным прямым измерениям эти измерения проводятся на фотографиях. Сетка, состоящая из квадратов со стороной 5 *см*, употребляется как фон для снимка, главным образом для определения горизонталей. В пяти различных областях тела измеряются семь диаметров. Весь материал, касающийся соматотипии, основан на работах Шелдона [16].

Ниже приводятся три основных компонента, характеризующих соматотип.

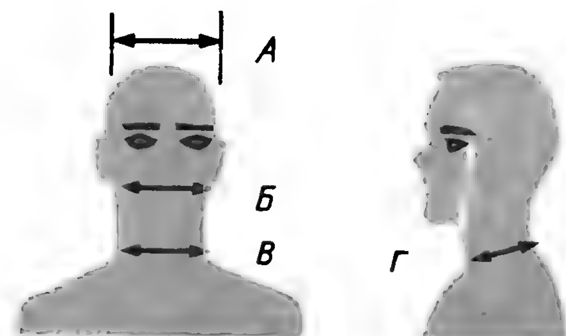
ЭНДОМОРФИЯ. Характерные признаки: мягкие округлые формы, пониженный тонус мышц, сферическая голова, относительно малая плотность тела, позволяющая ему свободно держаться на воде, небольшая физическая сила. Средний рост 166 *см*, средний вес 81 *кг*. Числовой код наиболее ярко выраженной эндоморфии — 711.

МЕЗОМОРФИЯ. Характерные признаки: массивные плотные формы, кубическая голова, мощная мускулатура, угловатость, медленная сокращаемость мышц. Средний рост 174 *см*, средний вес 64 *кг*. Числовой код наиболее ярко выраженной мезоморфии — 171.

ЭКТОМОРФИЯ. Характерные признаки: удлиненные пропорции тела, маленькая голова, узкое лицо, хорошая подвижность. Средний рост 177 *см*, средний вес 64 *кг*. Числовой код наиболее ярко выраженной эктоморфии — 117.



ПЕРВАЯ ЗОНА ИЗМЕРЕНИЙ
(голова, лицо, шея)



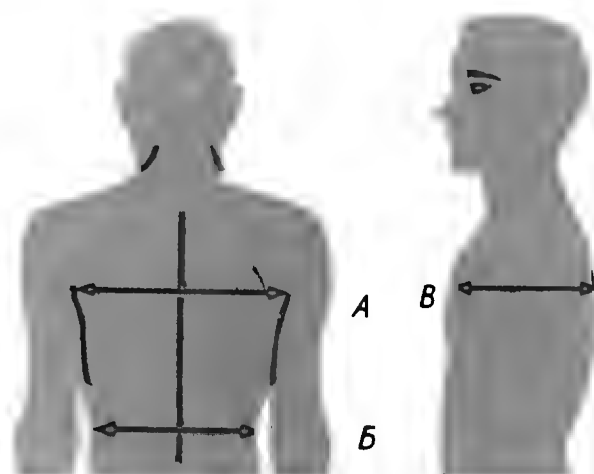
А — ширина лица I: расстояние между точками верхний отобазион (фронтальный снимок).

Б — ширина лица II: расстояние между точками нижний отобазион (фронтальный снимок.).

В — толщина шеи передне-задняя: наименьшая ширина шеи (снимок в профиль).

Г — толщина шеи поперечная: наименьший диаметр шеи (фронтальный снимок)

ВТОРАЯ ЗОНА ИЗМЕРЕНИЙ
(грудная часть туловища)

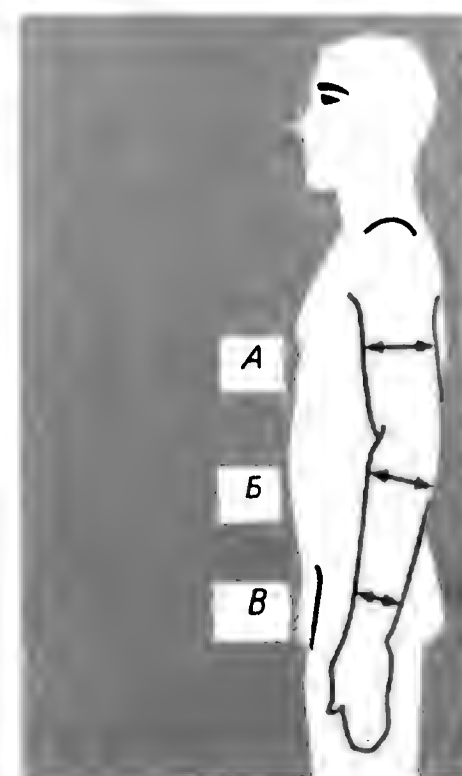


А — ширина туловища I: расстояние между наиболее высокими точками линии, образованной складкой между руками и туловищем (снимок со спины).

Б — ширина туловища II: наименьший диаметр талии (снимок со спины).

В — толщина туловища I: горизонтальный диаметр туловища, измеряемый на уровне середины грудины (снимок в профиль).

ТРЕТЬЯ ЗОНА ИЗМЕРЕНИЙ
(рука)

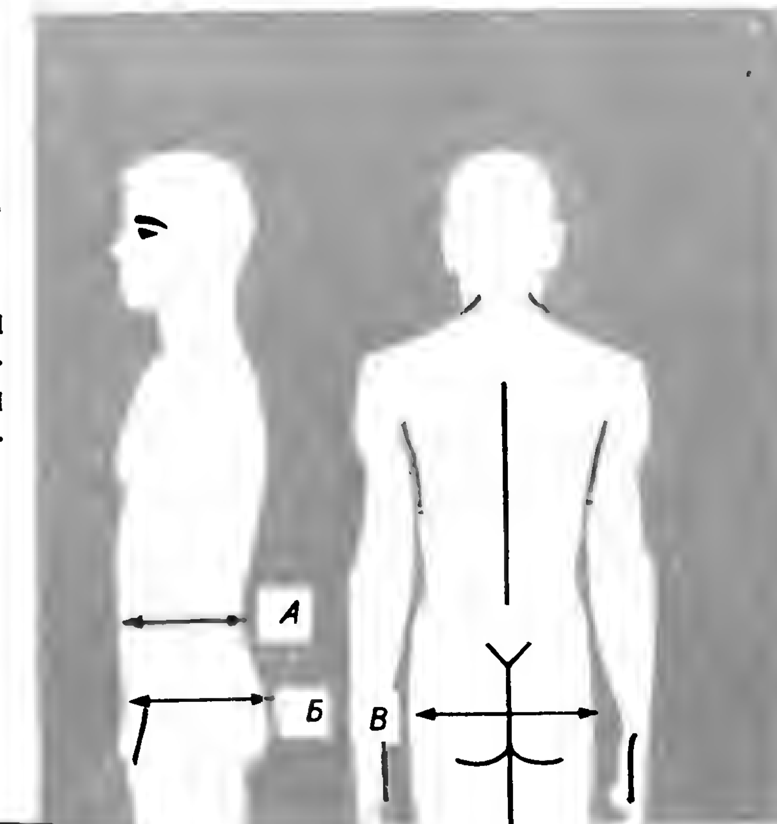


А — диаметр плеча: размер в плоскости, перпендикулярной оси руки в середине между спадом к локтю и вершиной плеча (снимок в профиль).

Б — диаметр предплечья I: размер в плоскости, перпендикулярной к оси предплечья на уровне наибольшей толщины (снимок в профиль).

В — диаметр предплечья II: размер в плоскости, перпендикулярной оси предплечья, выше точки сочленения с большим пальцем на 5 *см*, т. е. на величину одного квадрата сетки. Тыльная часть кисти должна лежать в плоскости, приблизительно перпендикулярной оси камеры (снимок в профиль).

ЧЕТВЕРТАЯ ЗОНА ИЗМЕРЕНИЙ
(нижняя часть туловища)

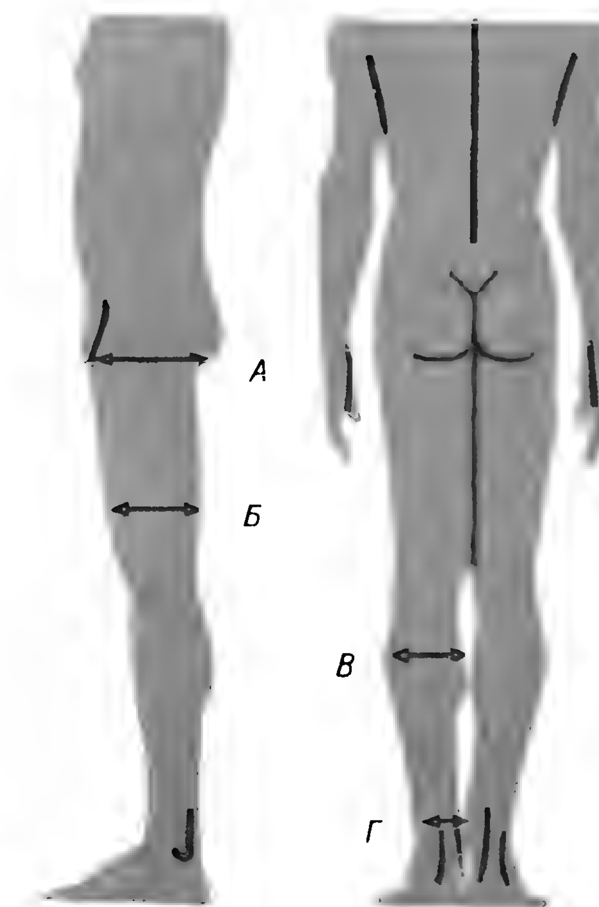


А — толщина туловища II: наименьший горизонтальный диаметр на уровне талии (снимок в профиль).

Б — ширина туловища III: наибольший горизонтальный диаметр бедер *.

В — толщина туловища III: горизонтальный диаметр на уровне вершины угла, образованного поверхностной линией живота и линией лобковых волос (снимок в профиль).

ПЯТАЯ ЗОНА ИЗМЕРЕНИЙ
(ноги)



А — верхняя толщина ноги I: горизонтальный диаметр на уровне вершины угла, образованного ягодицей и ногой (снимок в профиль).

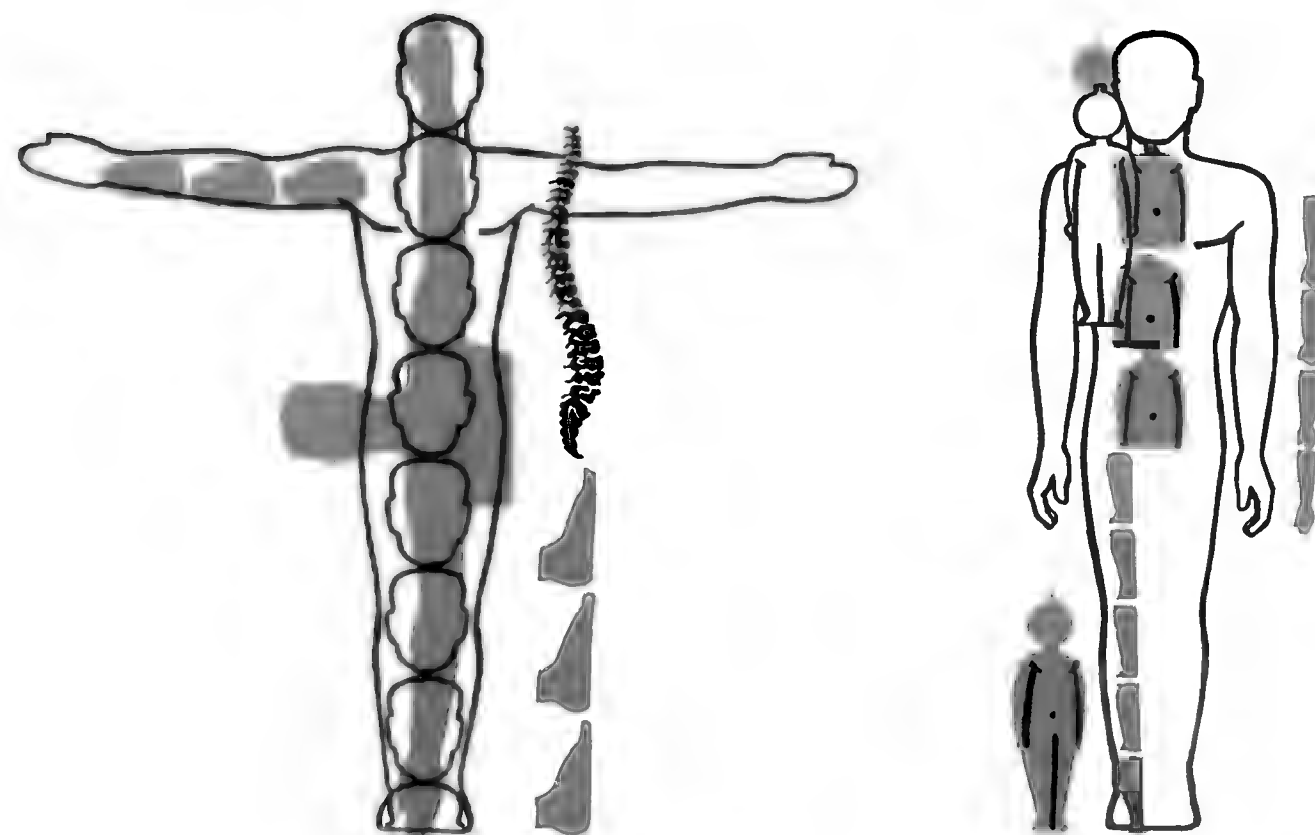
Б — верхняя толщина ноги II: горизонтальный диаметр на уровне середины небольшого углубления над коленной чашечкой ** (снимок в профиль).

В — нижняя толщина ноги I: наибольший диаметр икроножной мышцы левой ноги в плоскости, перпендикулярной оси ноги (снимок со спины).

Г — нижняя толщина ноги II: диаметр измеряется в самом узком месте левой лодыжки (снимок со спины).

* Точки обычно находятся над головками бедренных костей, но в случае экстремальной (наиболее ярко выраженной) эндоморфии они находятся над гребнями подвздошных костей. Для случая экстремальной мезоморфии эти точки часто расположены ниже головки бедренной кости, что более характерно для женщин.

** В редких случаях экстремальной эндоморфии, когда это углубление нельзя увидеть на фотографии, измерение берется у верхней границы коленной чашечки.



КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ О РАЗМЕРАХ ЧАСТЕЙ ТЕЛА

С давних пор художники изучали соотношения размеров тела и его частей. Так, например, в древней Греции были найдены основные пропорции фигуры взрослого человека. Была подмечена также характерная разница в пропорциях тела ребенка и взрослого человека.

В этой главе сделана попытка собрать воедино многие из имеющихся данных об измерениях человеческого тела, его частей и их взаимных соотношений.

Рассматривая эти данные, необходимо учитывать, что проблемы, которые ставились в прошлом, были связаны со специфическими для того времени задачами. Поэтому исследования в этой области далеко не полны; кроме того, между результатами разных работ имеются определенные расхождения. Вследствие этого необходим критический подход к оценке данных различных исследователей при их использовании в практической деятельности.

Таблицы измерений различных частей человеческого тела представлены на стр. 5-17 и 5-19.

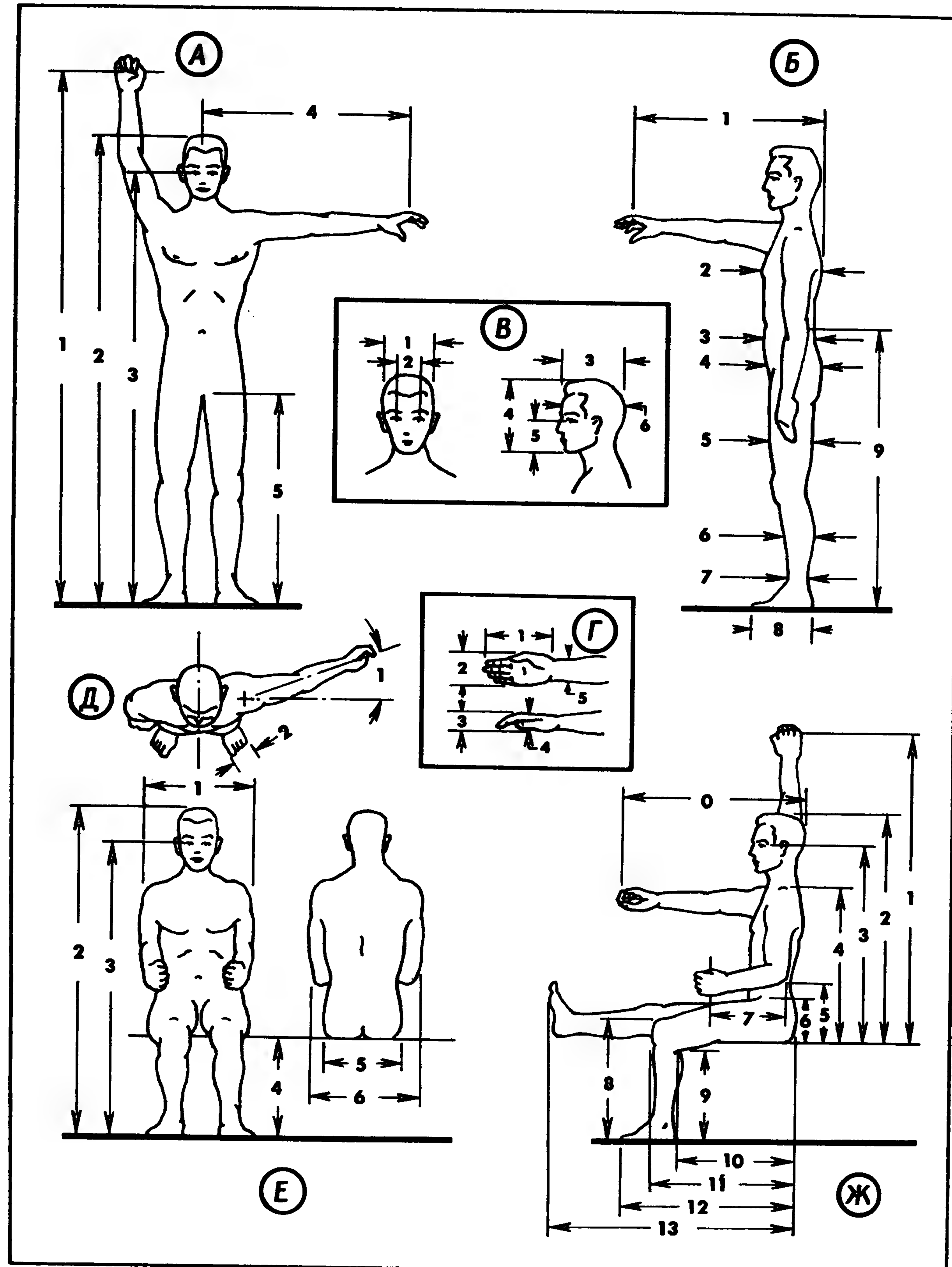
Вообще говоря, данные, которые содержатся в этой книге, отражают основные измерения довольно ограниченного круга людей, представляющих военный контингент. Причина этого довольно простая: чтобы представить все сведения, собранные за последние 100 лет относительно измерений всех типов человеческого тела, потребовалась бы целая книга. Приводимые сведения могут служить лишь для ориентировки при первых грубых прикидках габаритов конструируемого оборудования. Эти сведения принесут, например, большую пользу, если их использовать для построения первоначального макета. Но после того как такой макет построен, он должен быть испытан на некотором количестве людей с различными антропометрическими данными, в том числе, скажем, на высоких худых, высоких полных людях, на худых и полных людях небольшого роста и т. д. Старайтесь отыскать людей с очень короткими руками и ногами, чтобы на них проверить расположение органов управления или возможность смотреть поверх приборной панели, и высоких людей с длинными ногами, чтобы проверить размеры необходимого свободного пространства.

Когда требуется конструировать специальные приспособления, вроде шлемов, очков и других предметов, которые человек надевает на себя, рекомендуется прибегать к помощи специалиста, который знаком со сложными проблемами размеров человеческого тела и их влиянием на конструирование.

При конструировании оборудования для военного персонала проектировщик обнаружит, что в этом случае круг возможных потребителей более ограничен, чем в случае всего гражданского населения. Это обычно облегчает работу. Некоторые виды деятельности также ограничивают диапазон возможных отклонений размеров обслуживающего персонала, что делает конструкторскую работу более определенной. Например, отбор персонала для космических полетов основан на весовых и размерных ограничениях, налагаемых космическим кораблем, и, таким образом, круг потребителей значительно более ограничен. С другой стороны, водители гражданских транспортных средств могут сильно отличаться друг от друга по своим размерам. Проявляйте, насколько это возможно, гибкость при конструировании, предусматривайте механические приспособления для подгонки оборудования к потребителю. Не попадайтесь в ловушку, конструируя в расчете на «среднего человека». Среднего человека нет, это всего лишь условное статистическое представление.

В этой главе мы попытались, помимо таблиц измерений человеческого тела, представить также и другую информацию, которая поможет конструктору углубить свои знания об измерениях человека. Кроме того, приводятся и некоторые другие сведения, которые облегчат конструктору понимание технической документации и научных статей, написанных языком, более понятным антропологу, чем конструктору.

28 Заказ № 492



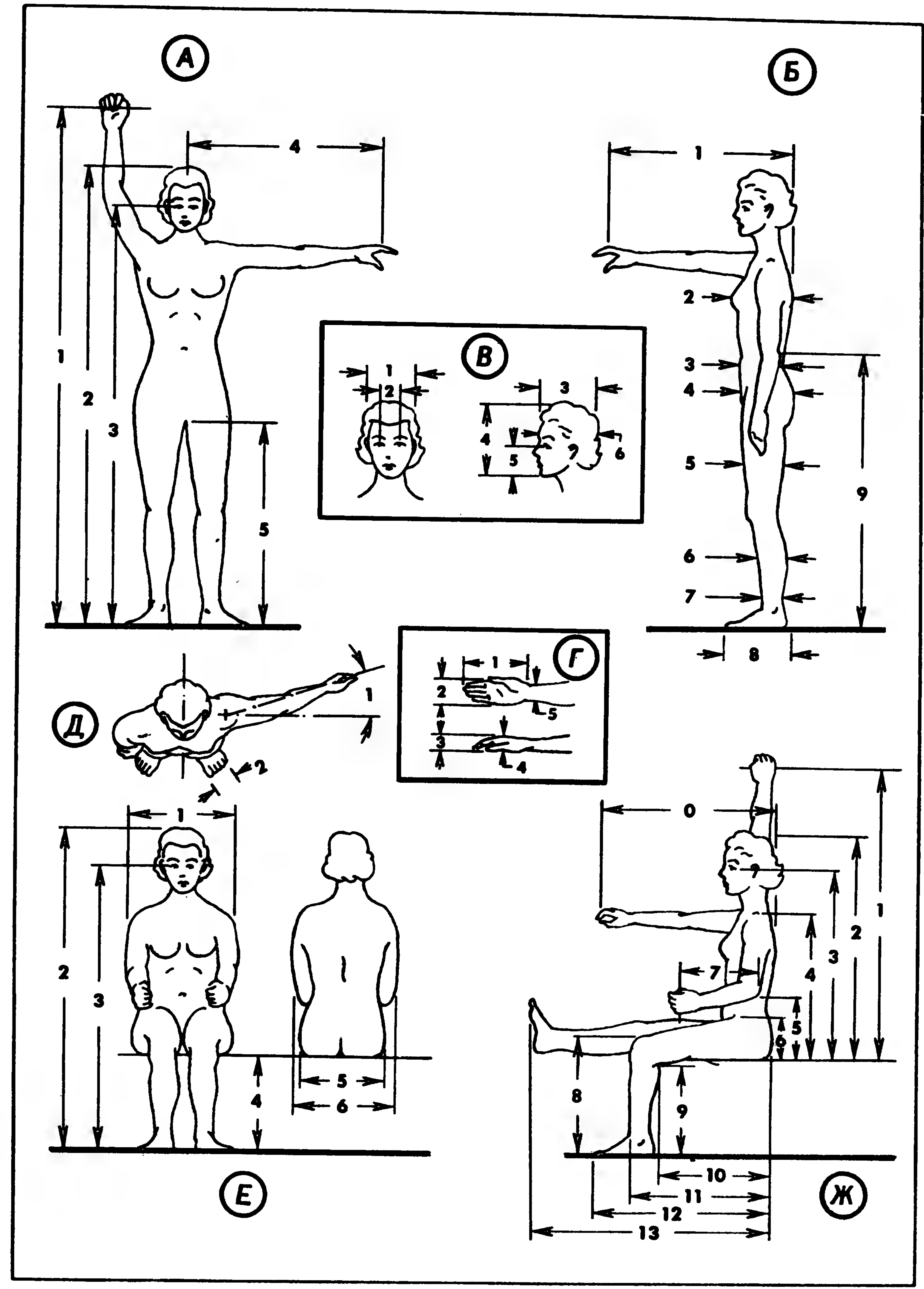
Ниже приводятся некоторые количественные данные о размерах тела мужчины в возрасте 18—45 лет, которые можно использовать на начальной стадии планировки рабочего места и конструирования оборудования. Приводимым данным соответствуют иллюстрации на предыдущей странице, показывающие точки замеров.

	Измеряемая величина	Граничные размеры**, мм: наименьший (исключая 5% снизу)	Граничные размеры**, мм: наибольший (исключая 5% сверху)
	Вес, *кг*	61	92
А	1. Зона вертикальной досягаемости руки	1950	2260
	2. Рост	1650	1850
	3. Высота глаз над полом	1550	1750
	4. Зона боковой досягаемости руки (от оси тела)	740	865
	5. Длина шага	760	915
Б	1. Зона передней досягаемости руки	710	840
	2. Обхват груди	890	1090
	3. Обхват талии	710	965
	4. Обхват таза	865	1065
	5. Обхват бедра	510	635
	6. Обхват голени	330	405
	7. Обхват лодыжки	204	250
	8. Длина стопы	250	283
	9. Высота локтя над полом	1040	1170
В	1. Ширина головы	145	163
	2. Межзрачковый диаметр	57,7	70
	3. Длина головы	185	208
	4. Высота головы	—	260
	5. Расстояние от подбородка до глаза	—	127
	6. Обхват головы	550	600
Г	1. Длина кисти	175	204
	2. Ширина кисти	94	112
	3. Толщина кисти	26,8	32,6
	4. Обхват кисти	265	310
	5. Обхват запястья	160	190
Д	1. Угол отведения руки назад в горизонтальной плоскости, *град*	40	40
	2. Ширина стопы	89	102
Е	1. Ширина плеч	430	480
	2. Рост сидя II	1320	1420
	3. Высота глаз над полом в положении сидя	1200	1310
	4. Высота стандартного стула	460	460
	5. Наибольший диаметр таза	330	380
	6. Локтевая ширина	380	510
Ж	0. Зона передней досягаемости руки (захват пальцами)	760	890
	1. Зона вертикальной досягаемости руки	1150	1350
	2. Рост сидя I	860	965
	3. Высота глаз над сиденьем	750	850
	4. Высота плеча над сиденьем	535	635
	5. Высота локтя над сиденьем	180	280
	6. Наибольший диаметр бедра	120	165
	7. Расстояние от локтевой точки до оси захвата кистью	344	410
	8. Высота колена над полом	510	585
	9. Высота подколенной ямки над полом	400	460
	10. Редуцированная длина ноги (длина сиденья)	376	545
	11. Длина бедра в положении сидя	555	930
	12. Расстояние от спинки сиденья до кончика большого пальца ноги	810	940
	13. Длина ноги в положении сидя	990	1160

ПРИМЕЧАНИЕ. Все размеры, исключая наиболее важные, округлены. Более точные сведения см. [3].

* При использовании данных, приводимых американскими авторами, необходимо помнить, что они отличаются от антропометрических показателей населения СССР, частично приводимых на стр. 440—445. — *Прим. ред.*

** О границах распределения, применяемых для целей конструирования в США, см. стр. 403 и 441. *Прим. ред.*



РАЗМЕРЫ ЖЕНСКОГО ТЕЛА*

Ниже приводятся некоторые количественные данные о размерах тела женщины в возрасте 18—45 лет, которые можно использовать на начальной стадии конструирования рабочего места и оборудования. Приводимым данным соответствуют иллюстрации на предыдущей странице.

	Измеряемая величина	Граничные размеры, *мм*	
		наименьший (исключая 5% снизу)	наибольший (исключая 5% сверху)
	Вес, *кг*	41	50
А	1. Зона вертикальной досягаемости руки	1750	2060
	2. Рост	1520	1750
	3. Высота глаз над полом	1420	1620
	4. Зона боковой досягаемости руки (от оси тела)	685	960
	5. Длина шага	610	760
Б	1. Зона передней досягаемости руки	610	890
	2. Обхват груди	760	940
	3. Обхват талии	600	730
	4. Обхват таза	840	1030
	5. Обхват бедра	480	610
	6. Обхват голени	300	380
	7. Обхват лодыжки	200	230
	8. Длина стопы	220	260
	9. Высота локтя над полом	860	1170
В	1. Ширина головы	140	155
	2. Межзрачковый диаметр	48	75
	3. Длина головы	160	185
	4. Высота головы	—	230
	5. Расстояние от подбородка до глаза	—	110
	6. Обхват головы	520	570
Г	1. Длина кисти	160	185
	2. Ширина кисти	80	100
	3. Толщина кисти	20	30
	4. Обхват кисти	230	270
	5. Обхват запястья	140	175
Д	1. Угол отведения руки назад в горизонтальной плоскости, *град*	40	40
	2. Ширина стопы	80	100
Е	1. Ширина плеч	330	480
	2. Рост сидя II		
	3. Высота глаз над полом в положении сидя		
	4. Высота стандартного стула	460	460
	5. Наибольший диаметр таза	320	390
	6. Локтевая ширина	280	580
Ж	0. Зона передней досягаемости руки (захват пальцами)	550	830
	1. Зона вертикальной досягаемости руки	1000	1250
	2. Рост сидя I	680	960
	3. Высота глаз над сиденьем	630	810
	4. Высота плеча над сиденьем	450	630
	5. Высота локтя над сиденьем	100	300
	6. Наибольший диаметр бедра	90	150
	7. Расстояние от локтевой точки до оси захвата кистью	350	450
	8. Высота колена над полом	430	550
	9. Высота подколенной ямки над полом	340	280
	10. Редуцированная длина ноги (длина сиденья)	330	580
	11. Длина бедра в положении сидя	450	680
	12. Расстояние от спинки сиденья до кончика большого пальца ноги	680	940
	13. Длина ноги в положении сидя	860	1230

ПРИМЕЧАНИЕ. Все измерения, исключая наиболее важные, округлены. Более точные сведения см. [4].

* См. примечания редактора на стр. 5-17.

ВЛИЯНИЕ ОДЕЖДЫ НА РАЗМЕРЫ ЧЕЛОВЕКА

Различные виды одежды не только изменяют вес человека, но в большинстве случаев увеличивают и его размеры. Это обстоятельство необходимо учитывать уже на начальной стадии конструирования. Рекомендуется проводить тщательную проверку размеров на макете с использованием именно той спецодежды, которая будет применяться персоналом в процессе эксплуатации оборудования. Если применяется скафандр, он должен быть испытан под давлением — не только для выявления пространственных размеров, но и для оценки ограничений зоны досягаемости и подвижности.

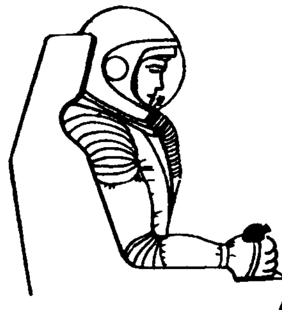
На следующей странице приведены данные о размерах тела человека при использовании им некоторых типов одежды. При конструировании новых типов одежды эти данные можно рассматривать лишь как исходные, ориентировочные.

Следует обратить внимание на кажущиеся несоответствия в таблице. Например, при использовании скафандра, находящегося под давлением, наблюдается уменьшение размеров тела, а не их увеличение. Это объясняется особым характером этой одежды, которая сжимает человека. Другой размер, который может показаться странным,— чрезвычайно небольшая разность между длиной стопы без обуви и длиной стопы в современных женских туфлях на высоком каблуке. Дело в том, что ожидаемое увеличение размера ноги в обуви компенсируется значительным повышением подъема благодаря высоким каблукам.

При конструировании оборудования с учетом размеров человека в одежде нельзя ориентироваться на предельные размеры — необходимо вносить поправки, например, на складки и неровности скафандра в местах сгиба и на особые приспособления, которые часто бывают на одежде, как, например, петли для ремня или персональное оборудование для связи при высотных полетах.



При создании одежды для высотных полетов следует обратить внимание на две особенности. Шлем иногда может увеличивать размер головы больше в высоту, чем в ширину. В этом случае необходимо предусмотреть достаточное пространство (например, под фонарем кабины), чтобы пилот мог поворачивать голову.



Применение скафандра значительно увеличивает расстояние от локтевой точки до оси захвата кистью и локтевую ширину. Это необходимо учитывать при выборе места расположения органа управления на подлокотнике. Ширина кабины также должна быть увеличена с учетом размеров скафандра под давлением.

ПОПРАВКИ К РАЗМЕРАМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ТЕЛА (*мм*) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОДЕЖДЫ (В СКОБКАХ УКАЗАНЫ ПОПРАВКИ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ЗНАКА)

Размеры	Летняя одежда		Зимняя одежда		Летное обмундирование	Скафандр *	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины		без давления	под давлением
Вес, *кг*	2,3	1,6	4,5	3,2	5,5—7	9,5	9,5
Рост	25	10—100	25	10—100	75	100	70
Зона вертикальной досягаемости руки	25	10—100	25	10—100	25	(—60)	(—420)
Высота глаз над полом (положение стоя)	25	10—100	25	10—100	25	(—90)	60
Длина шага	25	10—100	25	10—100	25	(—25)	(—25)
Длина стопы	30	12	40	12—18	25	25	25
Ширина стопы	12—18	6—(—12)**	12—25	6—12	18	18	18
Длина головы	—	—	—***		115	115	115
Ширина головы	—	—	—***		115	115	115
Длина кисти	—	—	18	12	12	12	6
Ширина кисти	—	—	12	6	12	12	25
Толщина кисти	—	—	12	6	12	18	32
Обхват кисти	—	—	25	18	25	32	75
Ширина плеч	12	6	50—75	25	37	25	12
Ширина таза	12	6	50—75	25	37	25	68
Локтевая ширина	18	6	50—90	25—37	25	150	225
Наибольший диаметр бедра	12	6	25	18	50	43	50
Расстояние от локтевой точки до оси захвата кистью	12	6	18	12	25	37	137

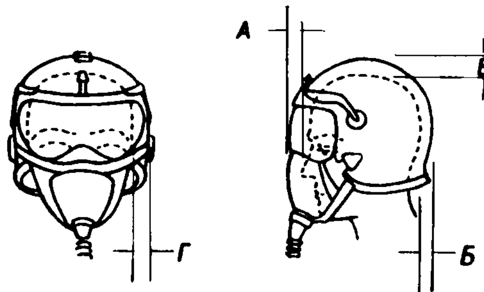
* Некоторые скафандры конструируются для положения сидя и поэтому уменьшают отдельные размеры. Однако гермошлем под давлением увеличивает размеры.

** Туфли уменьшают ширину стопы.

*** Армейский стальной шлем имеет размеры 300×260 *мм*.

РАЗМЕР ТИПОВОГО ЛЕТНОГО ШЛЕМА ВВС США

Тип шлема	А	Б	В	Г
Lombard	32	25	65	40
MA-2	37	35	45	55
P-4	32	32	54	44



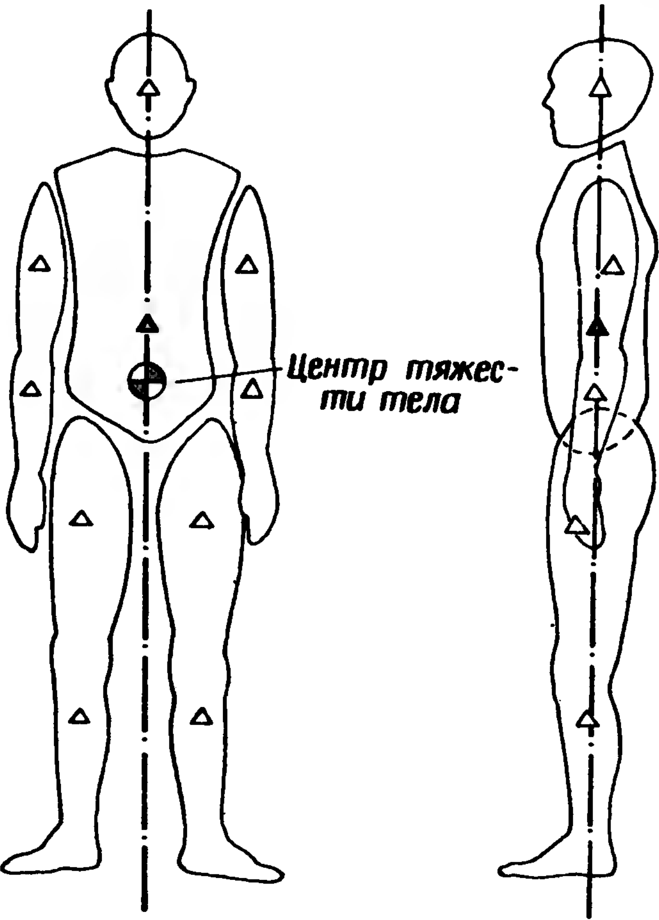
NataHaus

ЗАВИСИМОСТЬ ВЕСА ОТ РОСТА И ВОЗРАСТА

СРЕДНИЕ ДАННЫЕ О ВЕСЕ МУЖЧИН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РОСТА И ВОЗРАСТА, *кг* [6]

Рост, *см*	Возраст												
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25—29	30—34	35—39	40—44
152,5	45,9	46,8	47,7	48,6	50,0	50,9	51,8	52,7	53,6	55,4	57,2	58,1	59,5
155	48,2	49,1	50,0	50,9	52,2	53,1	54,0	55,0	55,9	56,3	57,7	59,0	60,4
157,5	50,4	51,3	52,7	53,1	54,5	55,0	55,4	55,9	56,3	57,2	59,0	60,0	61,3
160	52,2	53,1	54,0	55,0	56,3	56,8	57,2	57,7	58,1	58,6	60,4	61,3	62,7
162,5	54,0	54,5	55,4	56,3	57,7	58,1	58,6	59,0	59,5	60,4	61,8	62,7	63,6
165	56,3	56,8	57,2	58,1	59,0	59,5	60,0	60,4	61,3	62,2	63,6	64,5	65,9
167,5	58,1	58,6	59,0	60,0	60,4	60,9	61,3	62,2	63,1	64,0	65,4	66,2	67,6
170	60,4	60,9	61,3	61,8	62,2	62,7	63,6	64,0	65,0	65,9	67,2	68,1	69,5
172,5	62,2	62,7	63,1	63,6	64,0	64,5	65,4	66,2	66,7	67,6	69,0	70,4	71,8
175	64,0	64,5	65,0	65,4	65,9	66,7	67,2	68,1	68,6	69,5	70,8	72,6	74,0
177,5	65,9	66,2	66,7	67,2	67,7	68,6	69,5	70,4	70,8	71,3	73,1	75,0	76,3
180	68,1	68,6	69,0	69,5	70,0	70,9	71,8	72,7	73,1	73,6	75,4	77,2	79,0
182,5	70,4	70,9	71,3	71,8	72,7	73,6	74,5	75,0	75,4	75,9	78,1	80,0	81,7

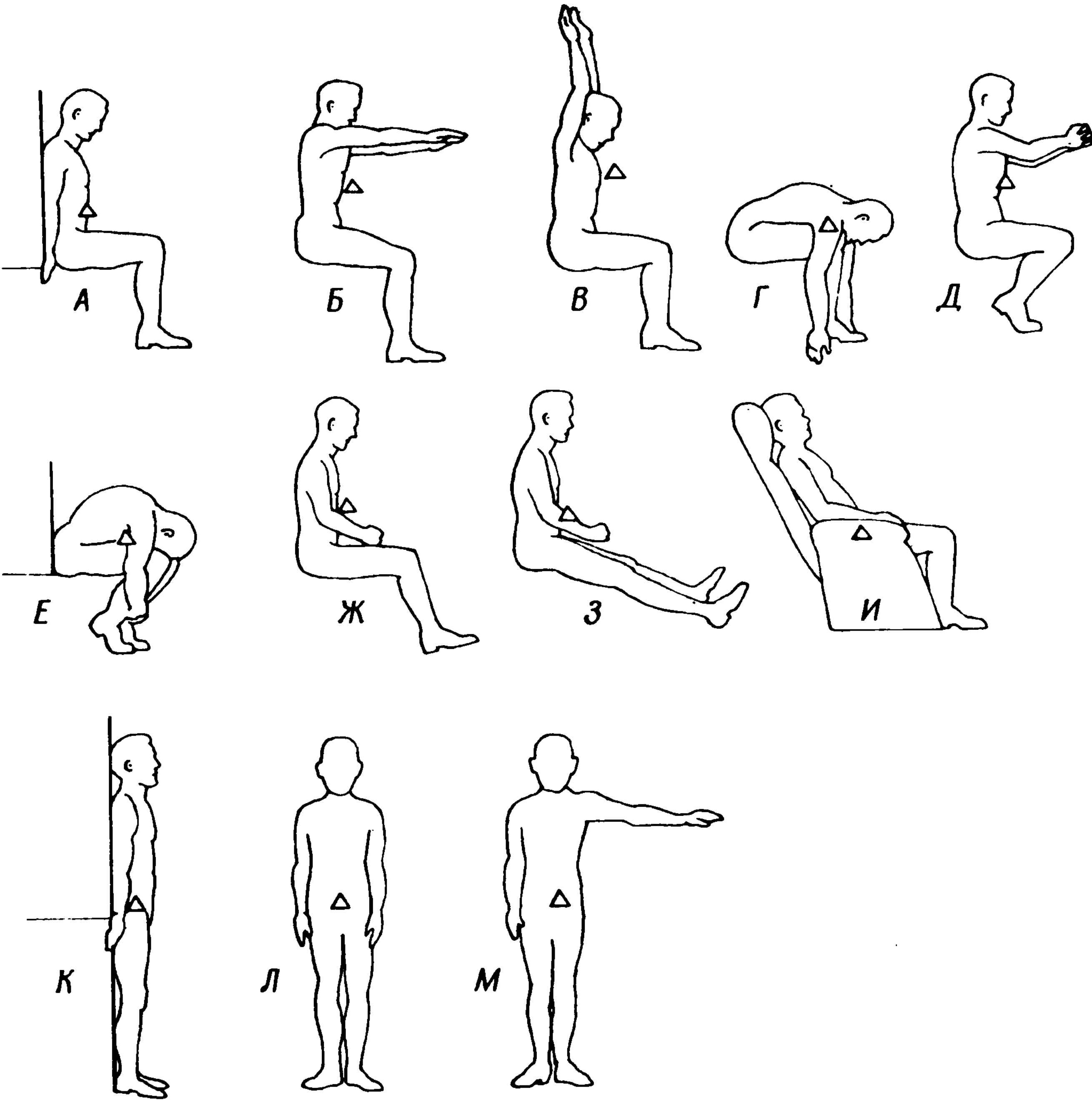
ПОЛОЖЕНИЕ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ И ВЕС ЧАСТЕЙ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА [7]



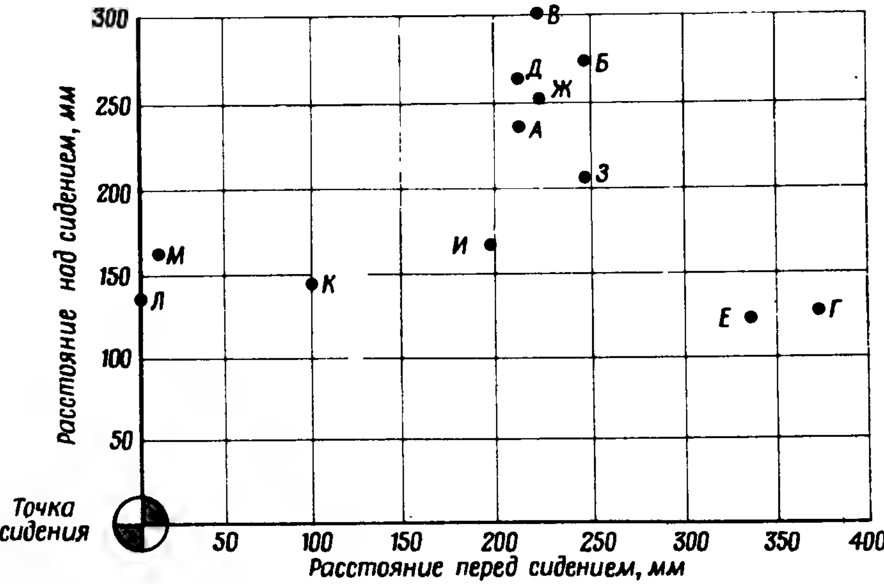
Положение центра тяжести тела изменяется в зависимости от веса человека, его роста и конституции. Как правило, положение центра тяжести ниже у людей меньшего роста и выше у людей большего роста. Установлено, что общий центр тяжести тела находится на половине высоты человека (в положении стоя) и положение центра тяжести остается постоянным независимо от возраста.

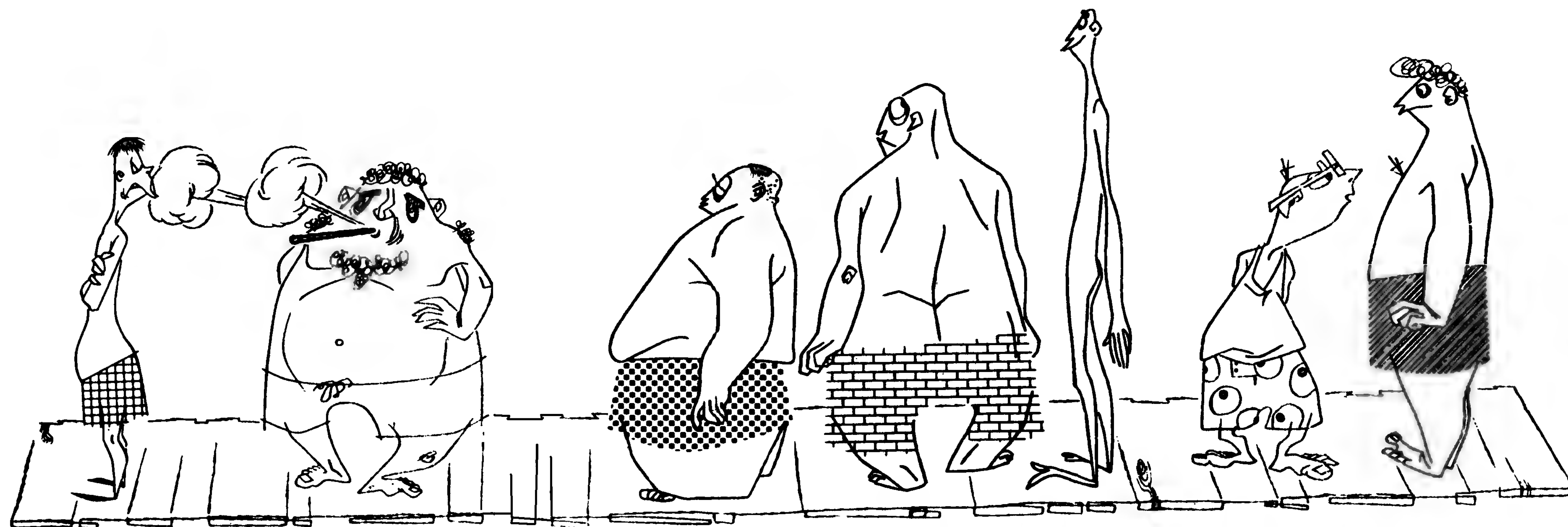
ВЕС ЧАСТЕЙ ТЕЛА, *кг*

Голова	5,4
Туловище	35,4
Кисти рук	9,7
Ступни ног	26,5
Общий вес	77,0

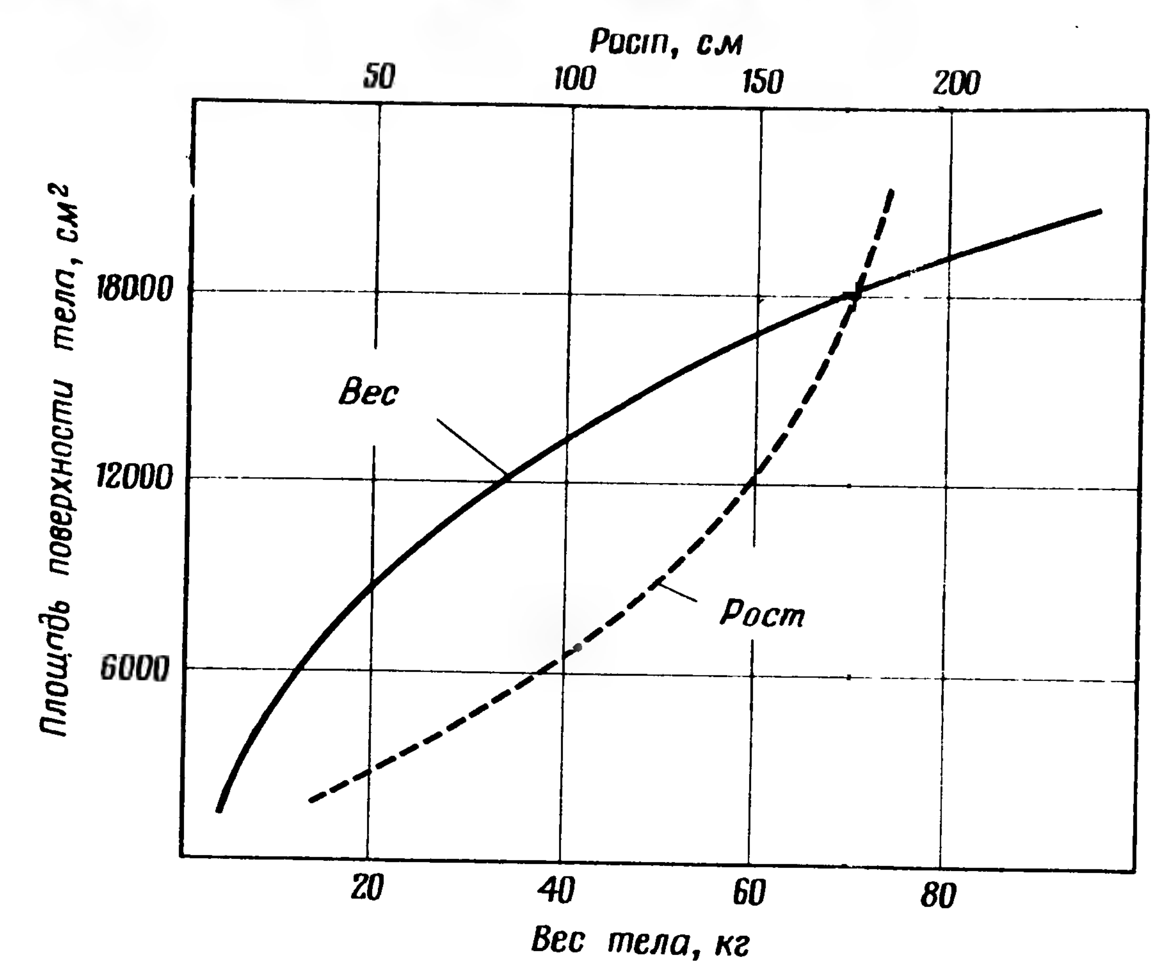


Положение центра тяжести тела человека меняется с изменением положения тела и конечностей. На рисунке справа показано изменение положения центра тяжести (по данным лабораторных исследований [8]).





ПЛОЩАДЬ ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА [9]



КОРРЕЛЯЦИЯ РОСТА И ОБХВАТА ГРУДИ С ДРУГИМИ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИМИ ПРИЗНАКАМИ

Для установления взаимосвязи 24 признаков с ростом и обхватом груди проводились специальные измерения. Измерениями были охвачены демобилизованные из армии 24 600 мужчин из различных районов США (кроме крайних восточных штатов), включавших представителей около десятка различных профессий и свыше десяти национальностей. Возраст обследованных от 15 до 41 года (наибольшее число лиц приходится на 19—21 год).

По номограмме [10], составленной на основе статистических данных, можно найти средние значения этих 24 признаков, соответствующих каждой данной паре значений роста и обхвата груди. Эта номограмма, помещенная на следующей странице, может быть использована при конструировании одежды и различного оборудования.

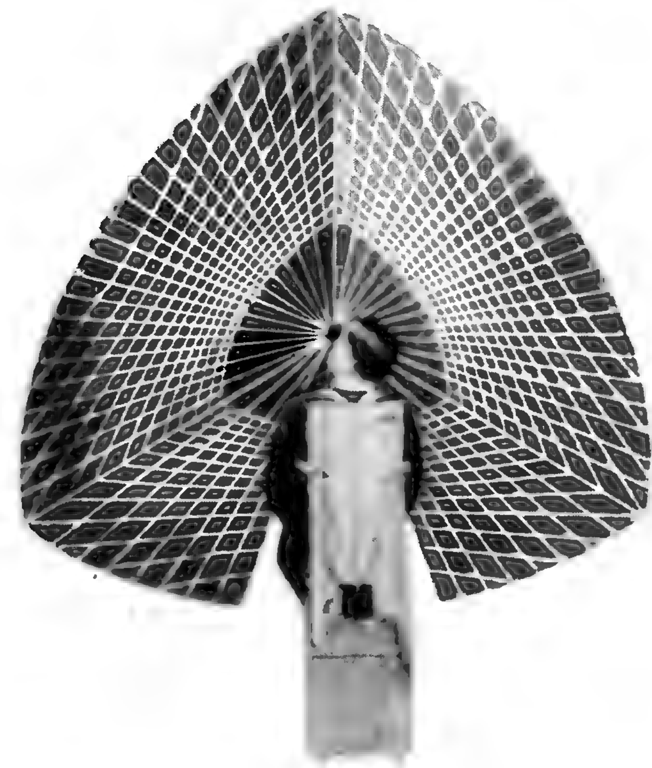
Прямая линия, проходящая через полученные непосредственным измерением значения роста и обхвата груди, пройдет также и через средние значения других признаков. Каждое такое среднее значение признака, обозначенное на номограмме, является средней точкой некоторого интервала значений, справедливого для 70% измерений роста и обхвата груди. Поэтому к числам, полученным на той или иной линии номограммы, можно вносить поправку (в ту или другую сторону) в пределах значений, указанных внизу данной линии.

Таблица [10], показывающая корреляцию различных признаков с ростом и обхватом груди, приведена на стр. 5-27.

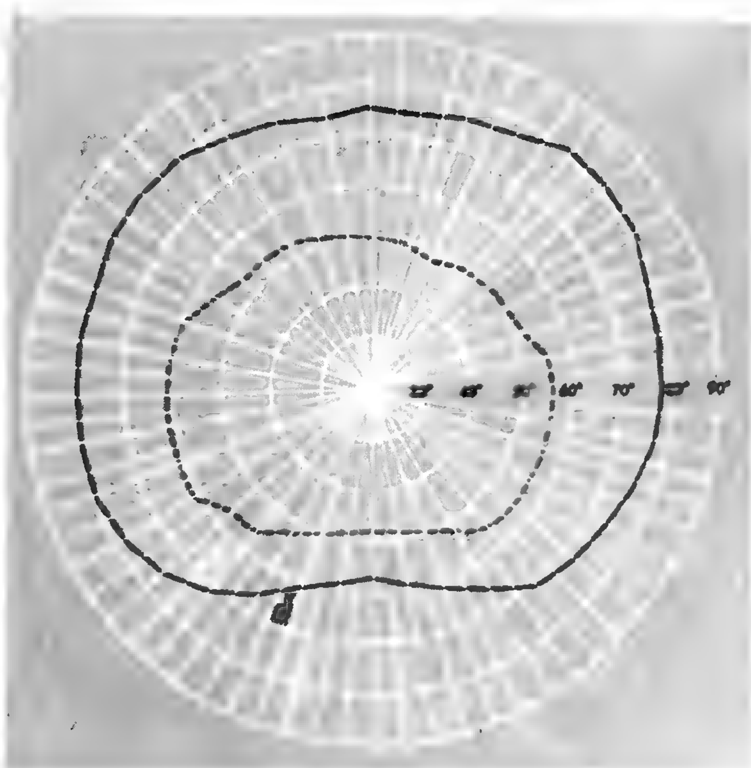
АНТРОПОМЕТРИЧЕСКАЯ НОМОГРАММА
ПО ИЗМЕРЕНИЯМ НА ВОЕННОМ КОНТИНГЕНТЕ [10]

Все размеры, кроме веса, даны в дюймах (1 дюйм = 25,4 мм)
Вес в фунтах (1 фунт = 0,454 кг)

РАЗМЕРЫ	КОРРЕЛЯЦИЯ с ростом	КОРРЕЛЯЦИЯ с обхватом груди
ВЕС		0,820
ТУЛОВИЩЕ		
Рост сидя I	0,722	
Длина туловища	0,587	
Высота затылка над полом	0,948	
Обхват талии		0,745
Обхват таза		0,744
Дельтовидная ширина плеч		0,706
Ширина спины		0,486
Ширина таза		0,649
Обхват плеч		0,806
Обхват шеи		0,627
РУКА		
Внутренняя длина руки	0,718	
Длина рукава	0,624	
Внутренний шов	0,819	
Длина предплечья с кистью	0,640	
Длина плеча	0,660	
Локтевая ширина		0,677
Обхват запястья		0,556
НОГА		
Длина голени	0,688	
Высота коленной чашечки	0,795	
Длина бедра в положении сидя	0,751	
Наружный шов	0,886	
Длина шага		0,467
Обхват верхней части бедра		0,731



Эксперимент по определению пределов возможных движений головы



Средние границы движений головы у 40 испытуемых (в градусах углового отклонения)

ПОДВИЖНОСТЬ ЧАСТЕЙ ТЕЛА

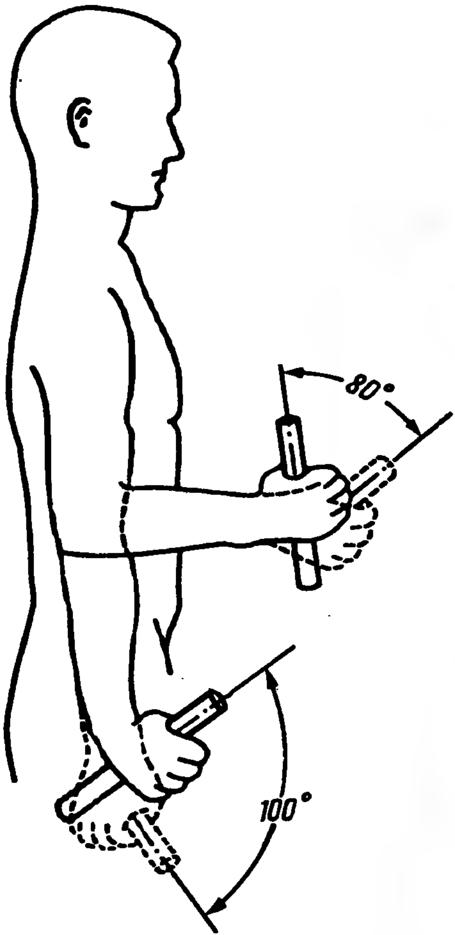
Подвижность частей тела повышает эффективность взаимодействия человека с оборудованием. Так, например, движения головы существенно расширяют поле зрения. Диаграмма, показывающая возможные движения головы, построена на основе экспериментальных данных, полученных на 40 испытуемых. При приближении к предельным углам поворота в данной плоскости центр вращения несколько смещается, что затрудняет точное определение физических границ поворота головы.

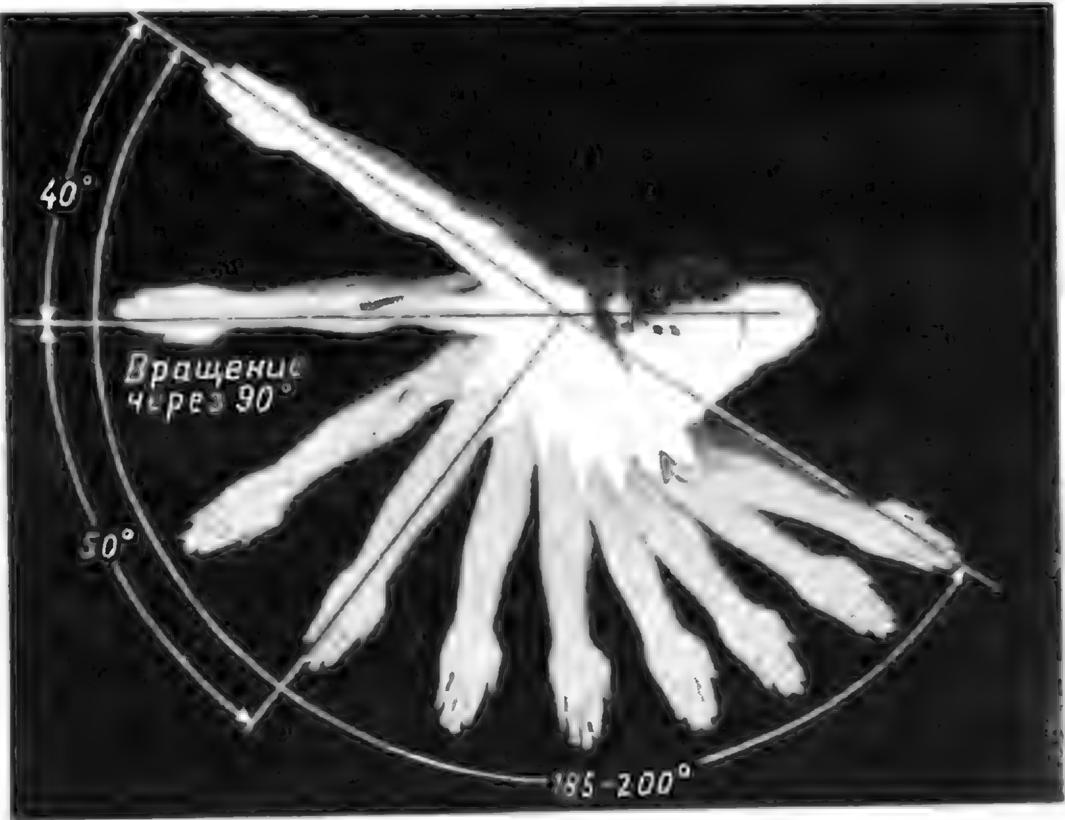
Туловище следует рассматривать не только как вместилище жизненно важных органов и связующее звено между частями тела, но и как подвижный орган, увеличивающий зоны досягаемости конечностей.

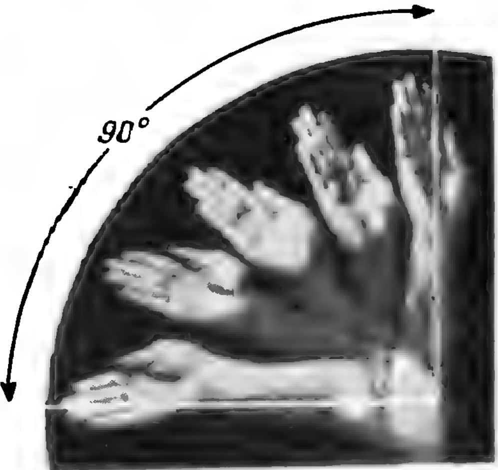
Ниже перечислены основные движения тела, которые следует принимать во внимание при конструировании оборудования, одежды и организации рабочих мест. Амплитуды движений (в градусах) указываются здесь на основе работ Фресколна [11], Розена [12], Силвера [13] и др.

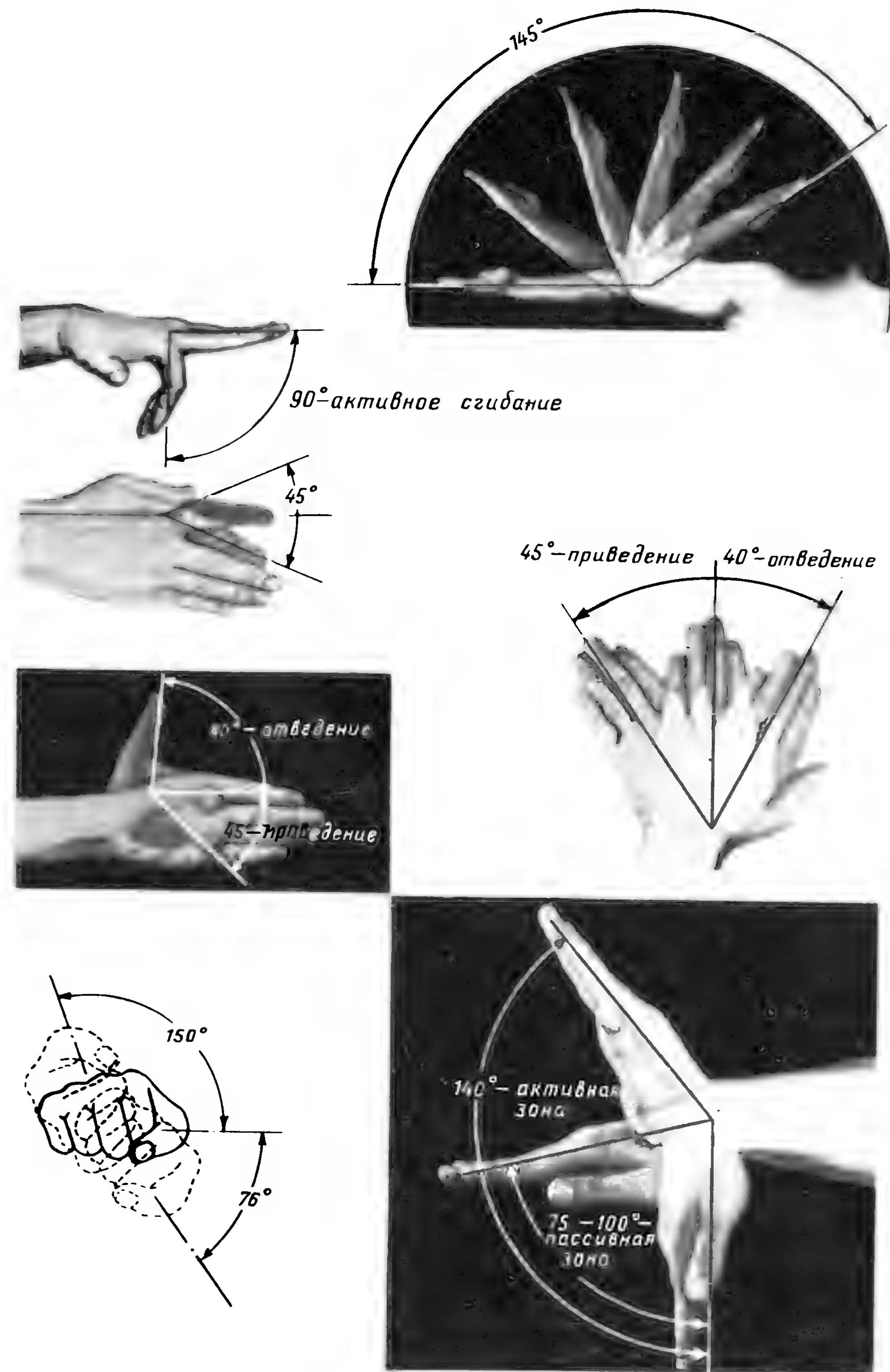
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ДВИЖЕНИЙ ТЕЛА [11]

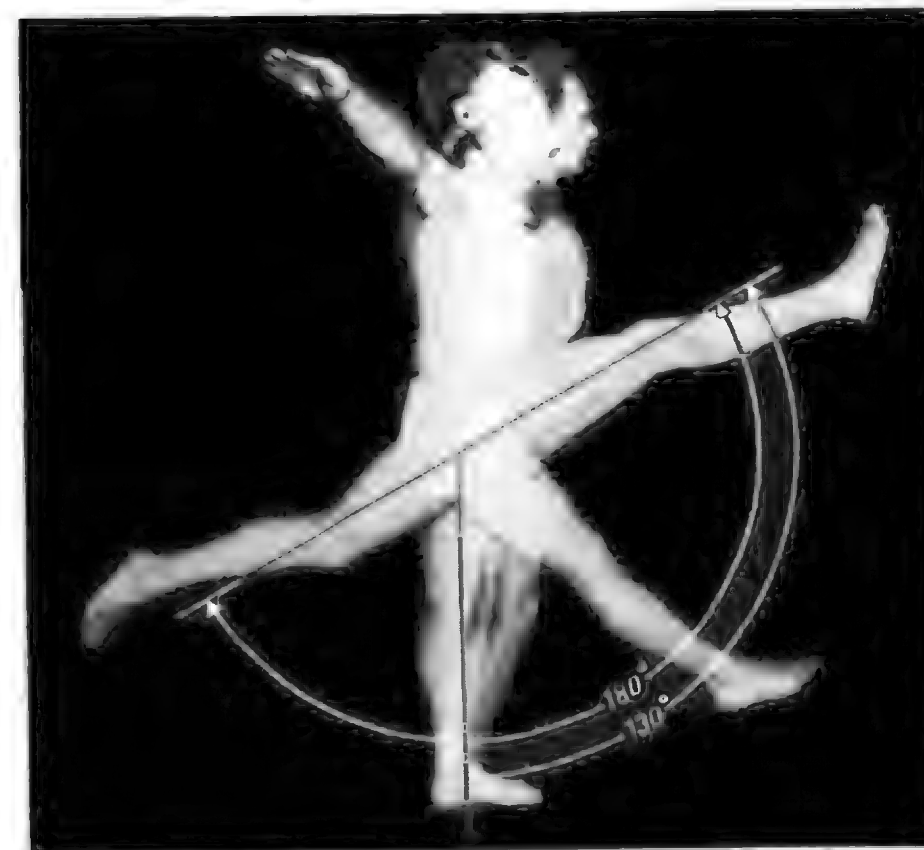
ОТВЕДЕНИЕ (АБДУКЦИЯ) — движение конечности от средней линии тела
ПРИВЕДЕНИЕ (АДДУКЦИЯ) — движение конечности к средней линии тела
ОПУСКАНИЕ — понижение относительно нормального положения
ПОДНИМАНИЕ — повышение относительно нормального положения
СГИБАНИЕ — перевод конечности из нормального выпрямленного положения в согнутое
РАЗГИБАНИЕ — выпрямление согнутой конечности
ВРАЩЕНИЕ — непрерывное круговое движение вокруг оси: по часовой стрелке — вращение направо; против часовой стрелки — вращение налево
ВДОХ — активное наполнение легких воздухом
ПРОНАЦИЯ — поворот кисти ладонью вниз или положение лежа лицом вниз
СУПИНАЦИЯ — поворот кисти ладонью вверх или положение лежа лицом вверх



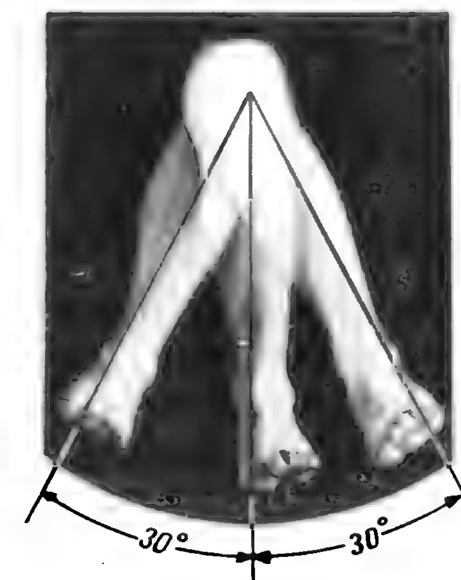


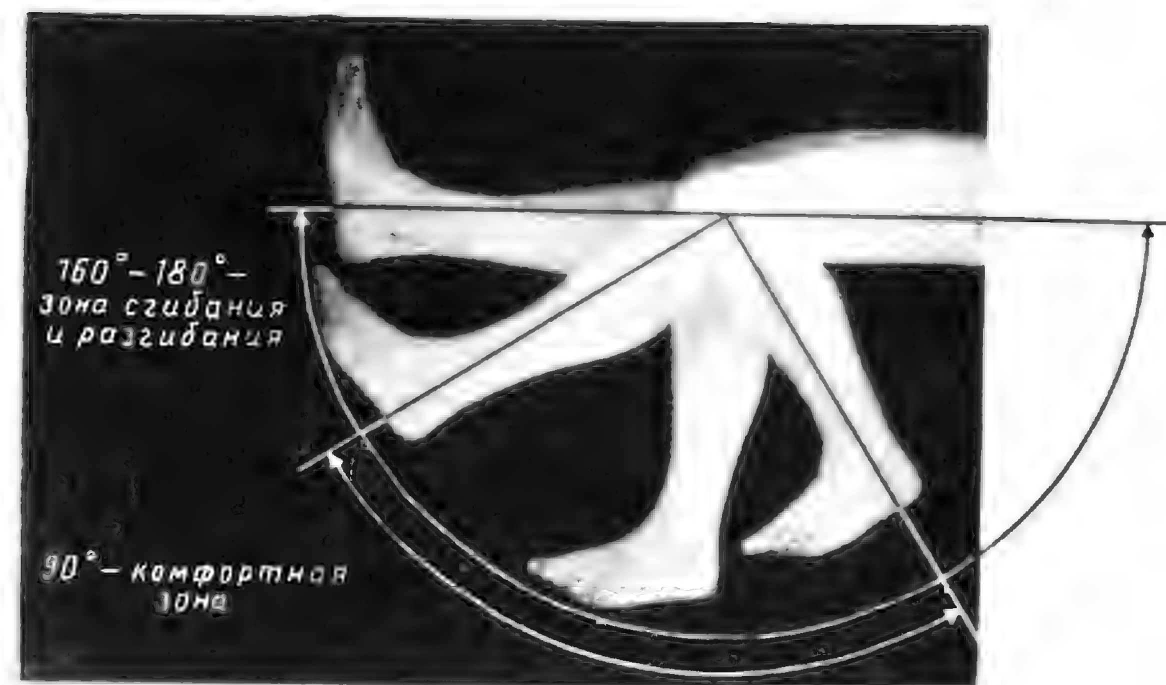


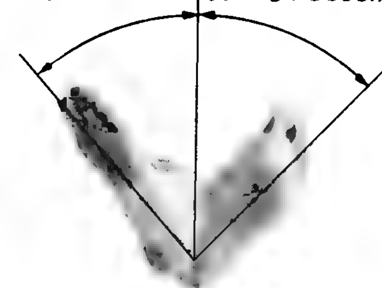

145°
90°-активное сгибание
45°
45°-приведение
40°-отведение
40°-отведение
45°-приведение
150°
76°
140°- активная зона
75 -100°- пассивная зона

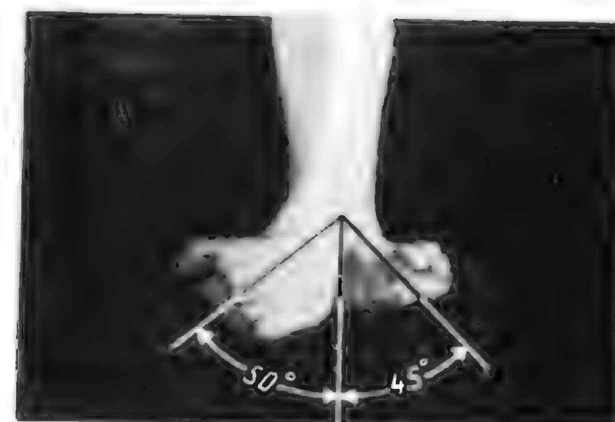

140°
130°

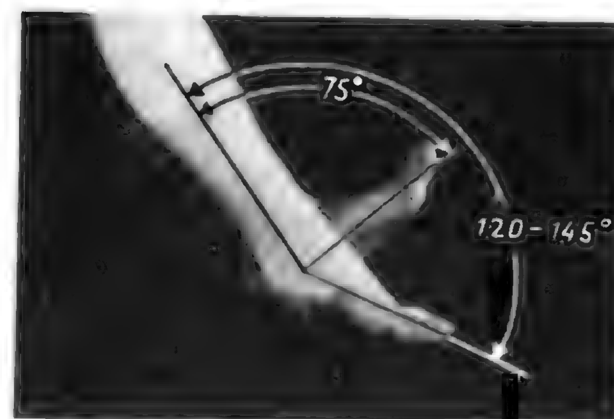

45°

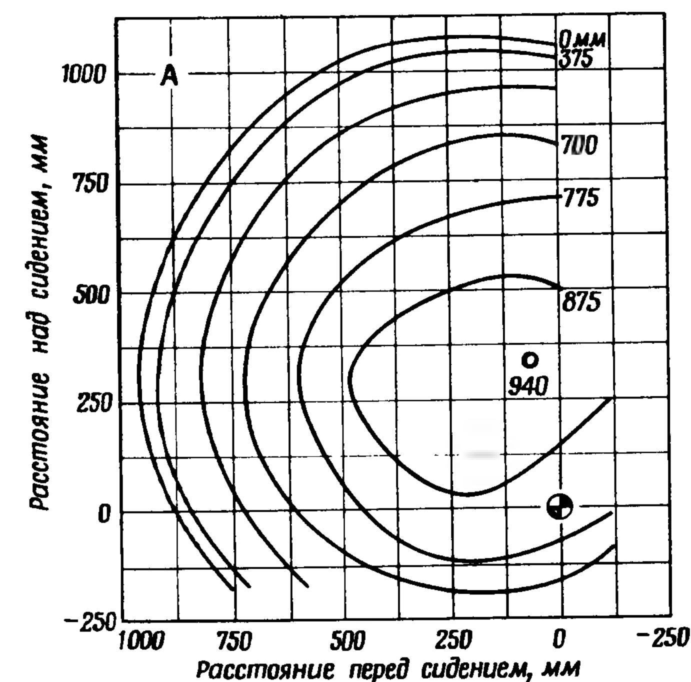

30°
30°

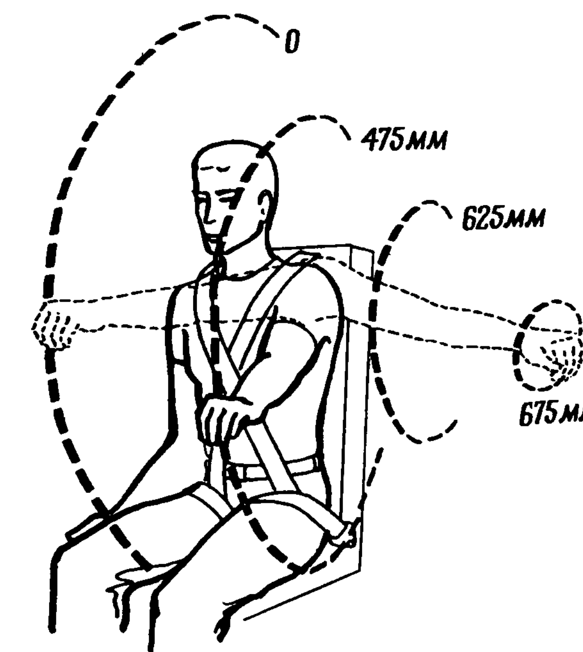






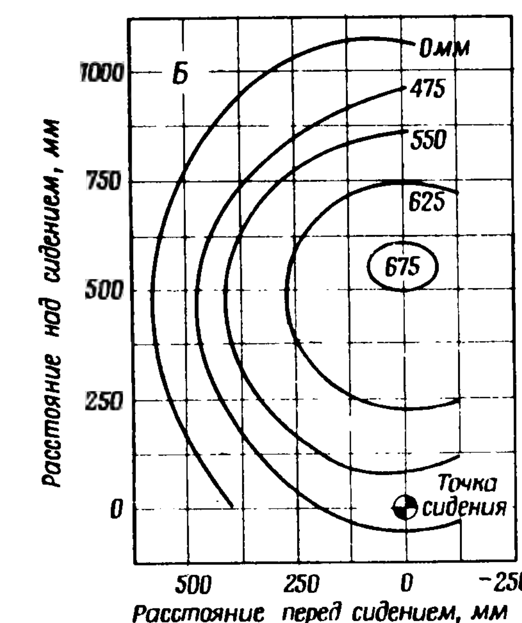


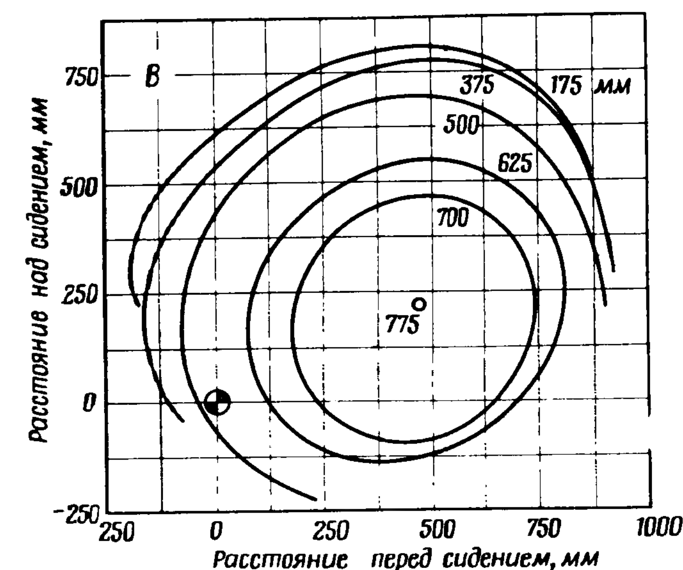


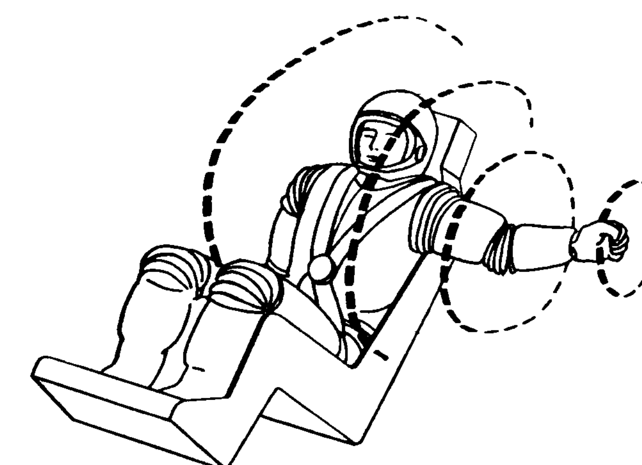


ЗОНЫ ДОСЯГАЕМОСТИ РУКИ

Расчет рабочих зон должен основываться на данных, характеризующих зоны досягаемости человека небольшого роста. На прилагаемых графиках приводятся некоторые данные о зонах досягаемости людей, соответствующих нижней границе распределения людей по размерам [5]. Первый график относится к человеку, движения которого не ограничиваются заплечными ремнями. На втором графике движения человека затруднены заплечными ремнями, а на третьем человек одет в скафандр типа Navy Mark IV с избыточным давлением 0,25 *ат* [14].



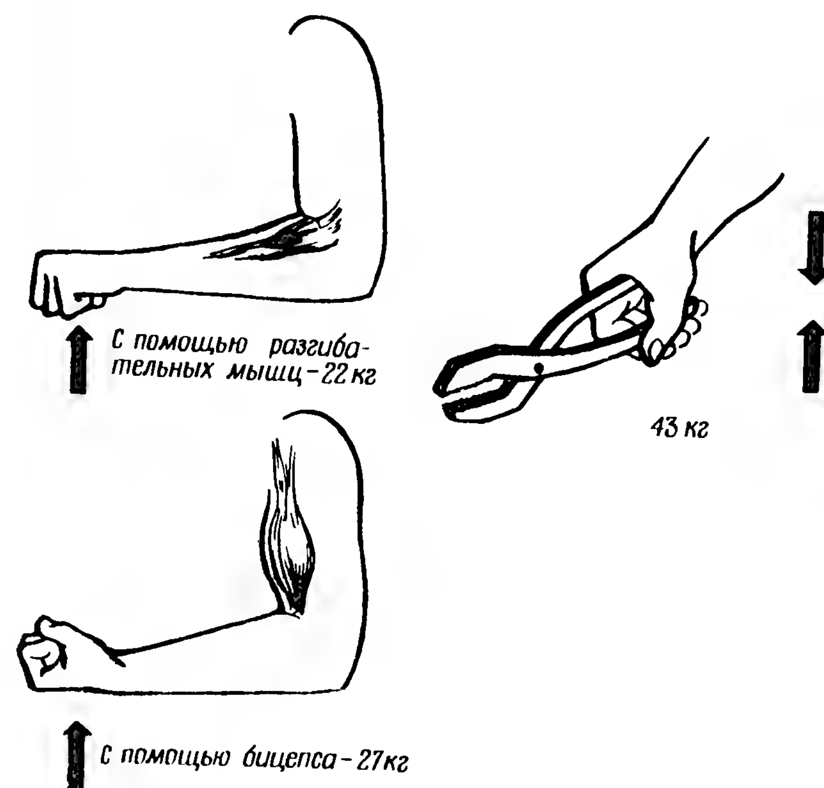




СИЛА



С помощью спины – 130 кг



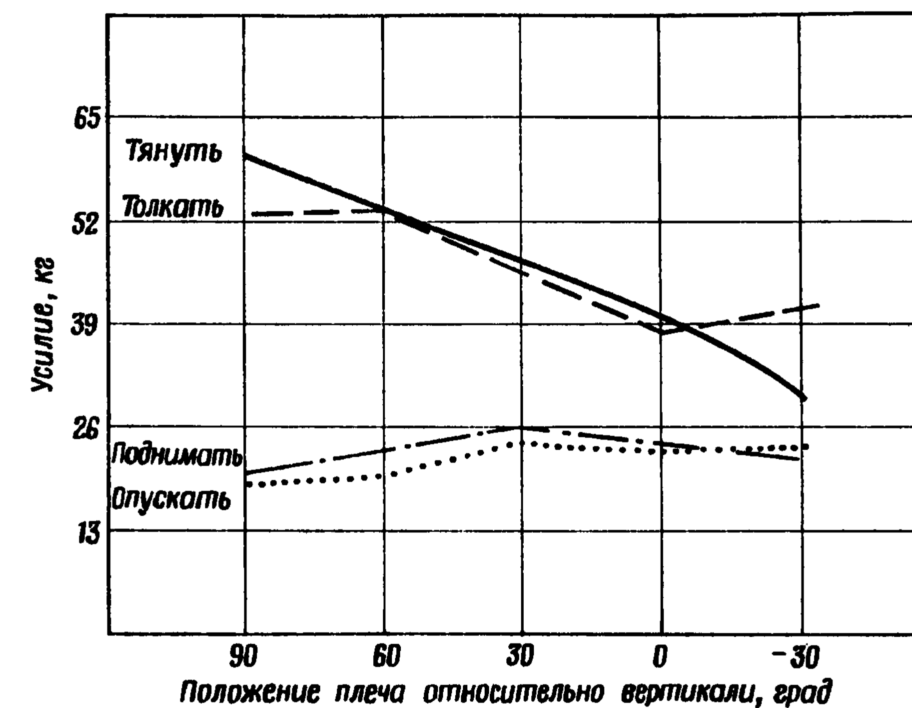
На рисунках показана сила, развиваемая отдельными органами тела.

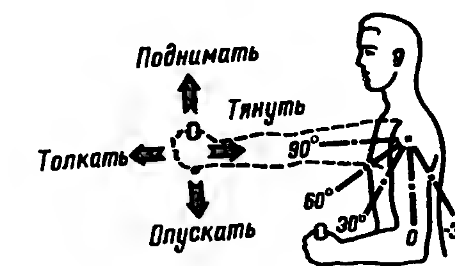
Сила ноги уступает только силе, развиваемой при упоре всем телом. Сила при разгибании или вытягивании больше, чем при сгибании. Максимальное усилие, кратковременно развиваемое человеком при упоре спиной, равно приблизительно 200 *кг*. Толчок (в момент, когда нога перестает действовать одна и в действие включаются другие части тела) равен приблизительно 18 *кг* без опоры спиной и 27 *кг* с такой опорой. Если ноги согнуты в коленях под прямым углом, человек без особого напряжения может приложить силу, равную 14 *кг* без опоры спиной и 23 *кг* с опорой. При угле 45° от вертикали сила толчка может быть увеличена примерно до 70 *кг*.

Сила ног и рук достигает максимума приблизительно к 25-летнему возрасту, а в возрасте между 30 и 65 годами спадает на 50%. Сила рук при этом уменьшается приблизительно на 16,5%.

СИЛА РУКИ, СОГНУТОЙ В ЛОКТЕ (ПРАВАЯ РУКА)

Сила, которая может быть приложена к рычагу управления, изменяется в зависимости от положения руки человека, как показано на рисунке [15].



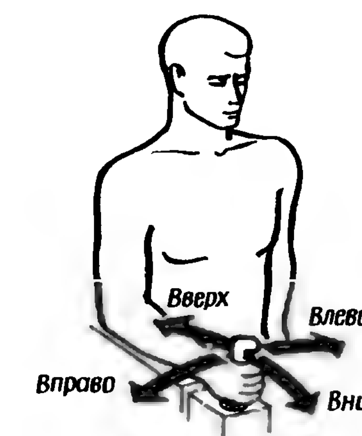


ВЕЛИЧИНА УСИЛИЯ ПРИ ПОВОРОТЕ КИСТИ

Предпочтительное нейтральное положение рычага управления, поворачиваемого кистью правой руки, соответствует приблизительно 8° вправо и 15° вперед от вертикали.

Максимальный момент вращения при повороте кисти вправо равен приблизительно 0,65 *кгм*. На практике это усилие рекомендуется регламентировать величиной 0,14 *кгм*. Для левостороннего поворота кисти максимальное вращающее усилие составляет 1 *кгм*; для практических целей его рекомендуется ограничивать величиной 0,15 *кгм*.

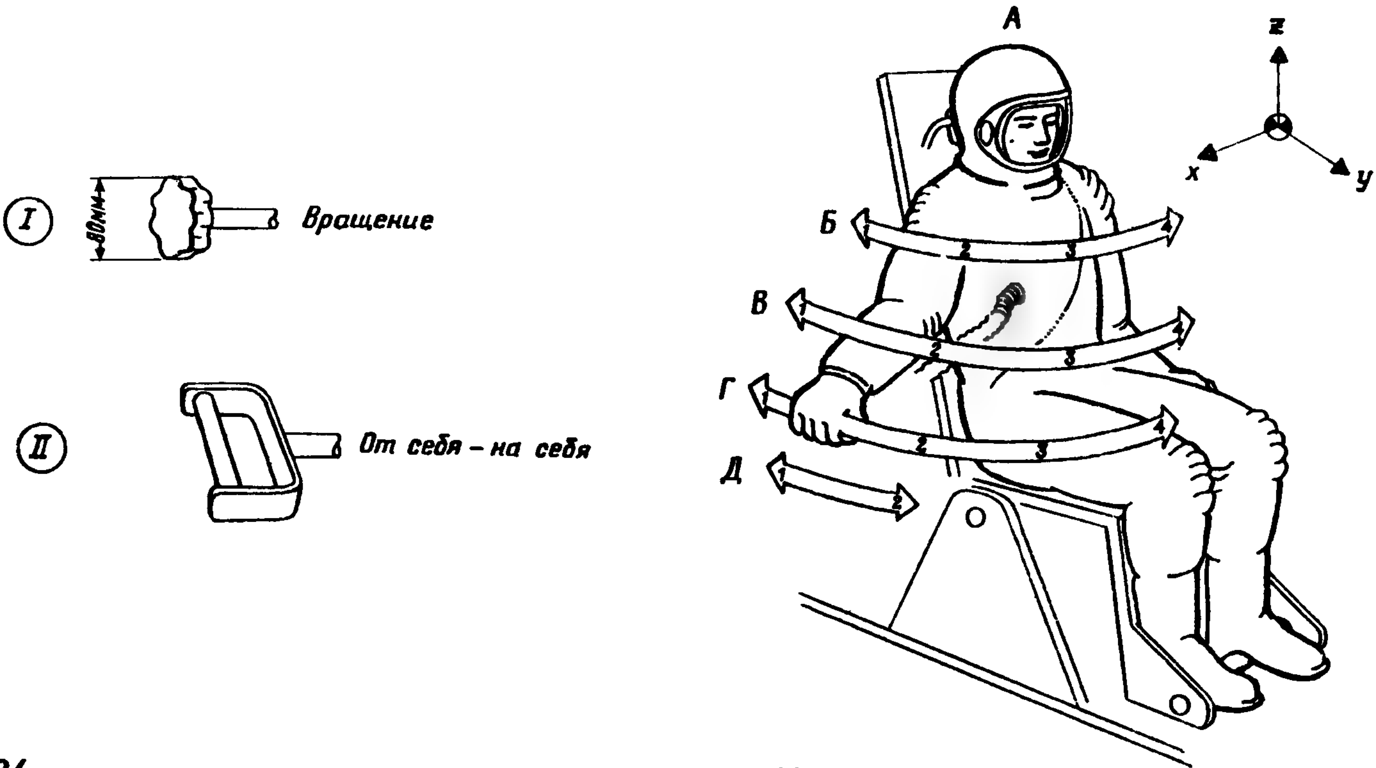
Максимальное усилие поворота рычага вниз (от себя) равно приблизительно 1,50 *кгм*, рекомендуемое — 0,21 *кгм*. Максимальное усилие поворота вверх (на себя) составляет 0,33 *кгм*, рекомендуемое — 0,14 *кгм*.



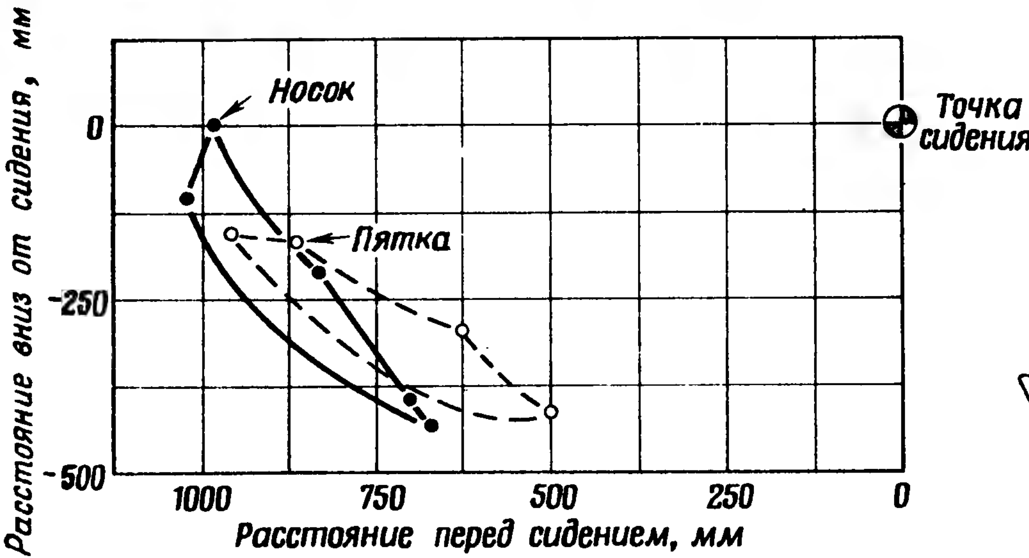
СИЛА РУКИ ЧЕЛОВЕКА В СКАФАНДРЕ [14]
(см. рисунок)

Измеряемая точка	Расстояние от точки сидения вдоль трех осей, *мм*			Усилие на рукоятку (II), *кг*		Усилие на ручку (I), *кгм*			
	z	*x*	*y*	от себя	на себя	по часовой стрелке	против часовой стрелки	по часовой стрелке	против часовой стрелки
А-1	850	300	270	6	24	1,1	1,0	0,55	0,45
Б-1	700	750	130	20	32	1,25	1,4	0,65	0,75
2	700	600	380	18	34	1,05	1,05	0,5	0,55
3	700	400	500	14	34	1,45	1,4	0,7	0,7
4	700	230	530	12	32	0,8	1,0	0,6	0,65
В-1	450	780	100	18	28	1,25	1,45	0,5	0,65
2	450	700	300	22	36	0,85	1,2	0,65	0,6
3	450	530	470	26	32	1,15	1,35	0,8	0,6
4	450	150	550	20	32	1,25	1,4	0,8	0,55
Г-1	200	700	100	18	22	1,3	1,5	0,3	0,55
2	200	630	300	20	30	1,05	1,4	0,35	0,45
3	200	480	450	20	36	1,2	1,4	0,5	0,65
4	450	250	500	18	32	1,05	1,5	0,45	0,65
Д-1	50	500	125	24	34	1,0	1,25	0,5	0,5
2	50	300	350	24	32	0,95	1,4	0,5	0,6

Данные, приведенные в таблице, получены на испытуемом, который по своим антропометрическим признакам подходит для современных космических полетов. Измерения были проведены при использовании скафандра марки Goodrich Mark IV, в котором создавалось избыточное давление 0,25 *ат*. Человек был прикреплен к сиденью только поясным ремнем.



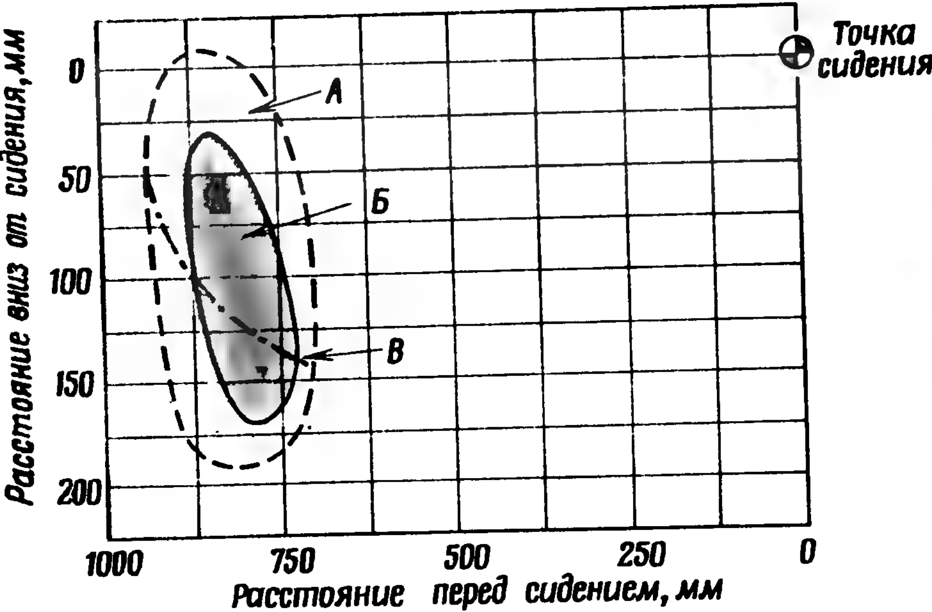
ЗОНЫ ДОСЯГАЕМОСТИ НОГИ [5]



Оптимальные области для расположения педальных органов управления (нажим пяткой и носком) показаны на приведенном выше графике.

СИЛА НОГИ [5]

Средний человек при правильной опоре спиной и оптимальном угле сгиба ноги может приложить следующие максимальные усилия: до 180 *кг* в зоне *А* (см. график внизу) и до 270 *кг* в зоне *Б*. Линия *В* представляет собой рекомендуемую оптимальную траекторию движения педали. Максимальное усилие в различных точках этой траектории может быть определено из графика.

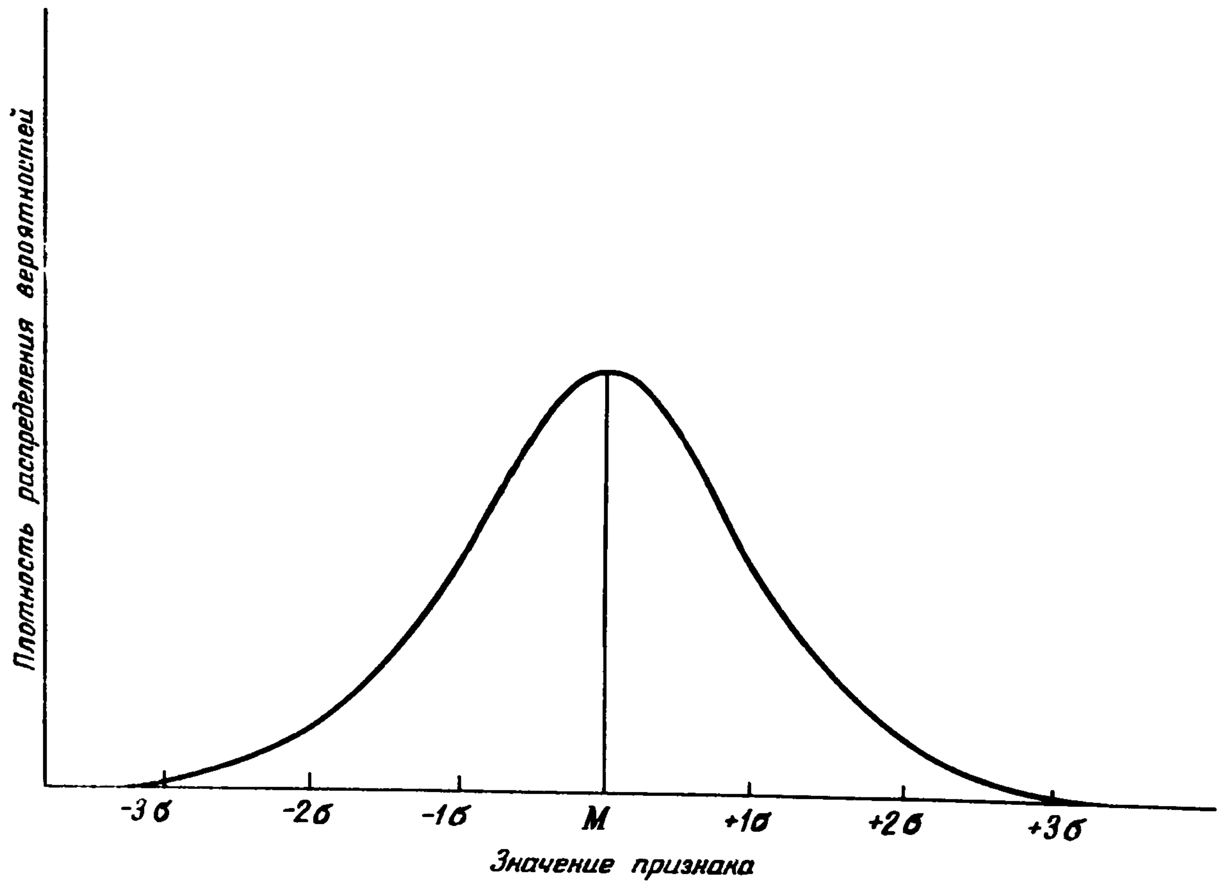


НЕКОТОРЫЕ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ НАСЕЛЕНИЯ СССР

(дополнение редактора русского перевода)

Учитывая важность точного учета размеров человеческого тела в процессе конструирования промышленного оборудования, мебели, одежды и т. п., мы сочли необходимым привести здесь данные советских антропологов С. И. Успенского и С. В. Ермаковой, рекомендуемые для использования в практике. Эти антропометрические данные получены в 1966 г. при обмерах населения г. Москвы — мужчин и женщин в возрасте от 20 до 59 лет. Сравнивая их с соответствующими данными американских авторов, нетрудно заметить ощутимые различия между ними.

Обработка данных измерений проведена с применением методов теории вероятностей и математической статистики (см., например, Е. С. Вентцель, Курс теории вероятностей, изд-во «Наука», 1964). В помещенных ниже таблицах (стр. 5-41* — 5-43*) приведены средняя величина измеренного признака (M) и его среднеквадратическое отклонение (σ). Известно, что каждый антропометрический признак как случайная величина распределен по нормальному закону. На рисунке приведена кривая Гаусса, соответствующая этому закону распределения.



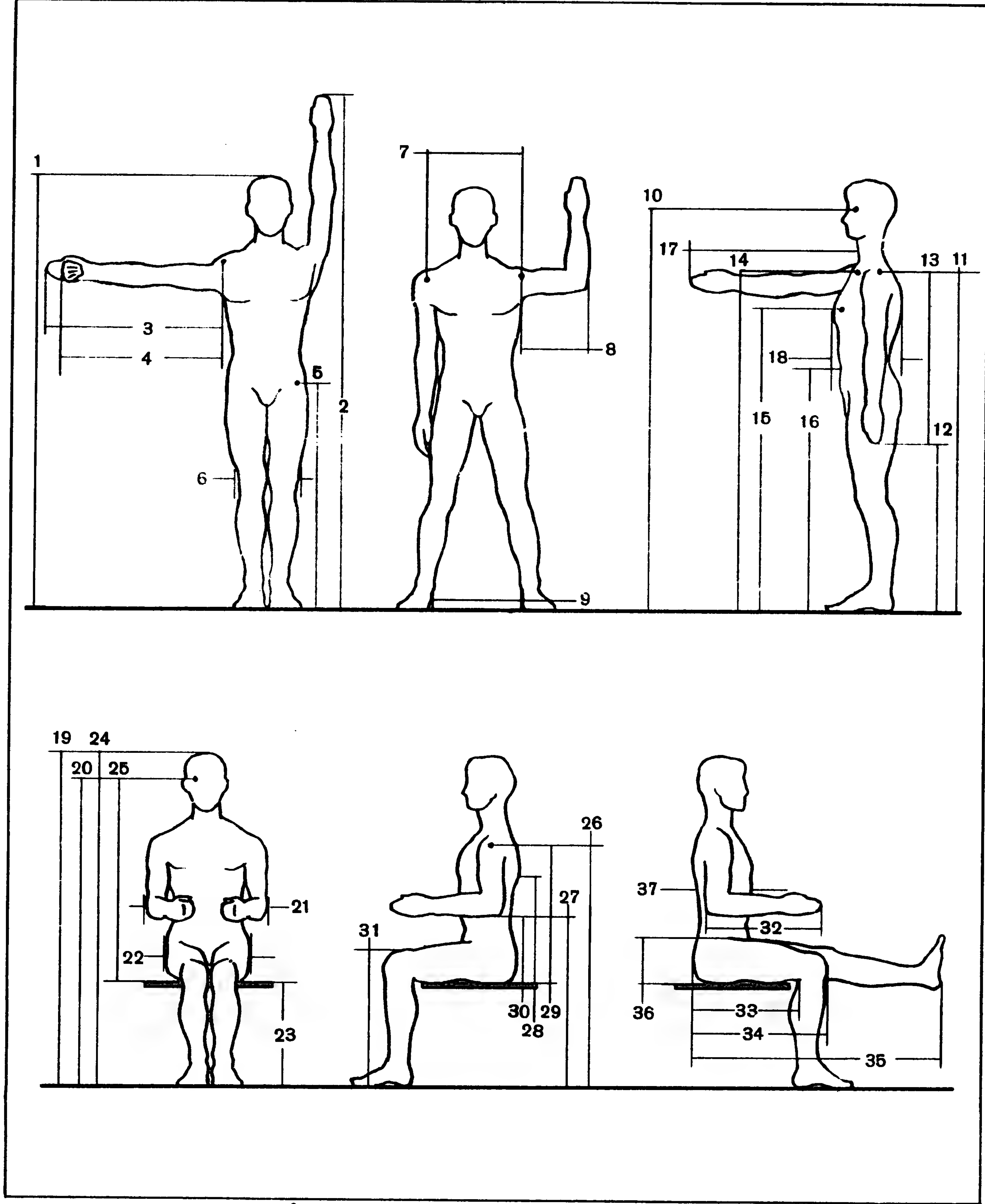
Зная закон распределения вероятностей, среднюю величину признака (M) и среднеквадратическое отклонение (σ), можно определить процент людей, у которых величина антропометрического признака укладывается в тот или иной интервал. Например, в интервал величин $M \pm 3\sigma$ укладываются 99,7% всех признаков, распределенных по нормальному закону, или, что в данном случае то же самое, — 99,7% людей.

Для нормального закона распределения верны также следующие соотношения:

интервалу	$M \pm 2\ \sigma$	соответствует	95%;
»	$M \pm 1{,}65\ \sigma$	»	90%;
»	$M \pm 1{,}15\ \sigma$	»	75%;
»	$M \pm 1{,}0\ \sigma$	»	68%;
»	$M \pm 0{,}67\ \sigma$	»	50%;
»	$M \pm 0{,}32\ \sigma$	»	25%.

Пользуясь этими данными, можно в каждом случае рассчитать процент людей, размерам которых будет удовлетворять данная конструкция (сиденье, кабина, пульт и т. п.). Авторы настоящего издания советуют, как правило, не учитывать размеры 5% самых больших или самых малых людей, в зависимости от того, на что влияет данный размер. Например, выбирая высоту кабины самолета, можно ограничиться размером, соответствующим наименьшему росту 5% самых высоких людей. Напротив, располагая органы управления, можно пренебречь тем, что часть из них окажется вне зоны досягаемости для 5% самых малых людей. Таким образом, в каждом случае 95% людей будет обеспечен достаточный комфорт (естественно, в рассматриваемом плане), и лишь 5% людей будут испытывать некоторые неудобства. Как показывает опыт, такой компромисс в большинстве случаев вполне оправдан и экономически целесообразен.

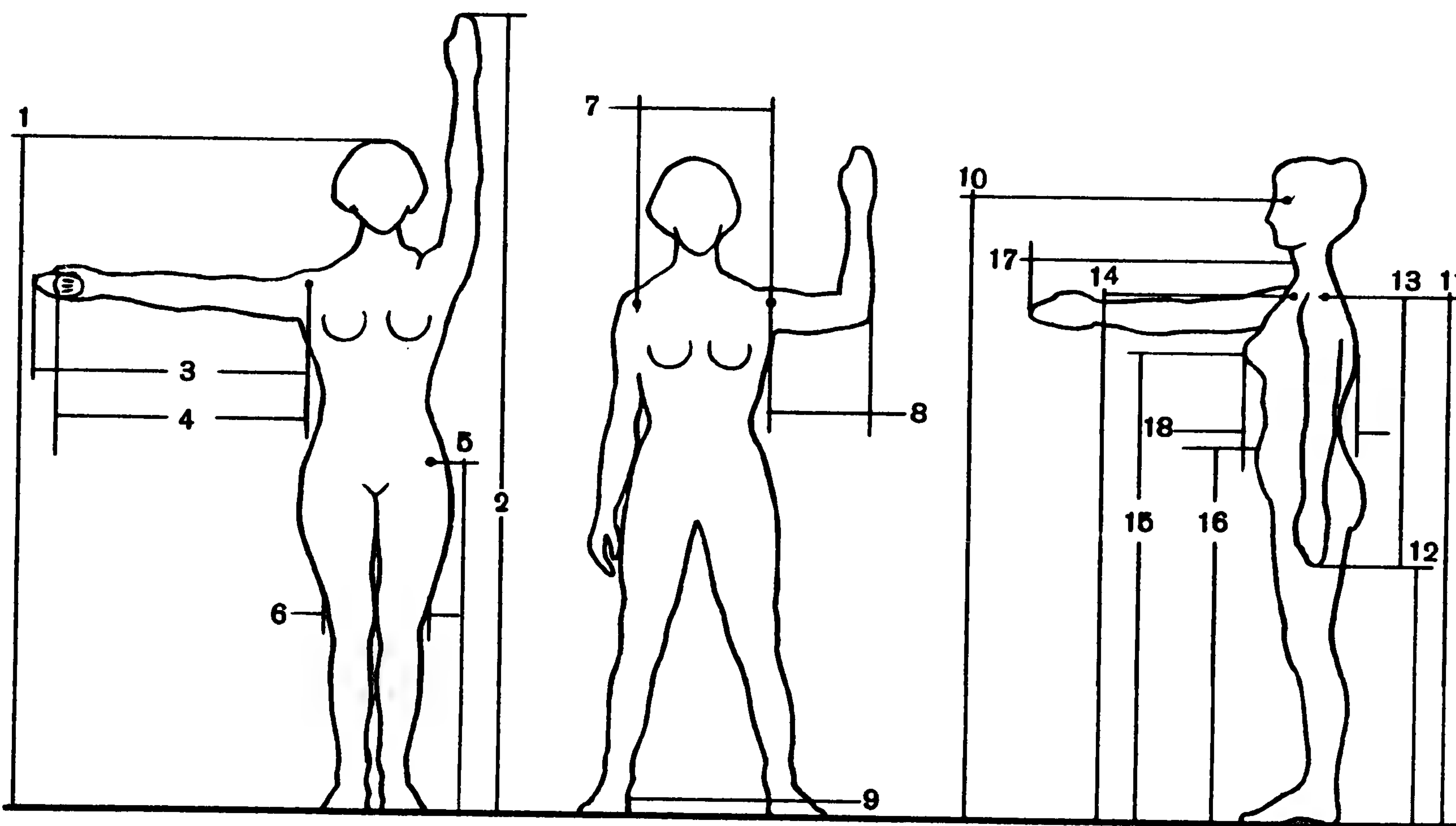
Учитывая это, мы также приводим в таблицах наименьшие и наибольшие величины измеряемых признаков для 95% людей, исключая в первом случае 5% самых малых людей (5% снизу), а во втором — 5% самых больших людей (5% сверху).

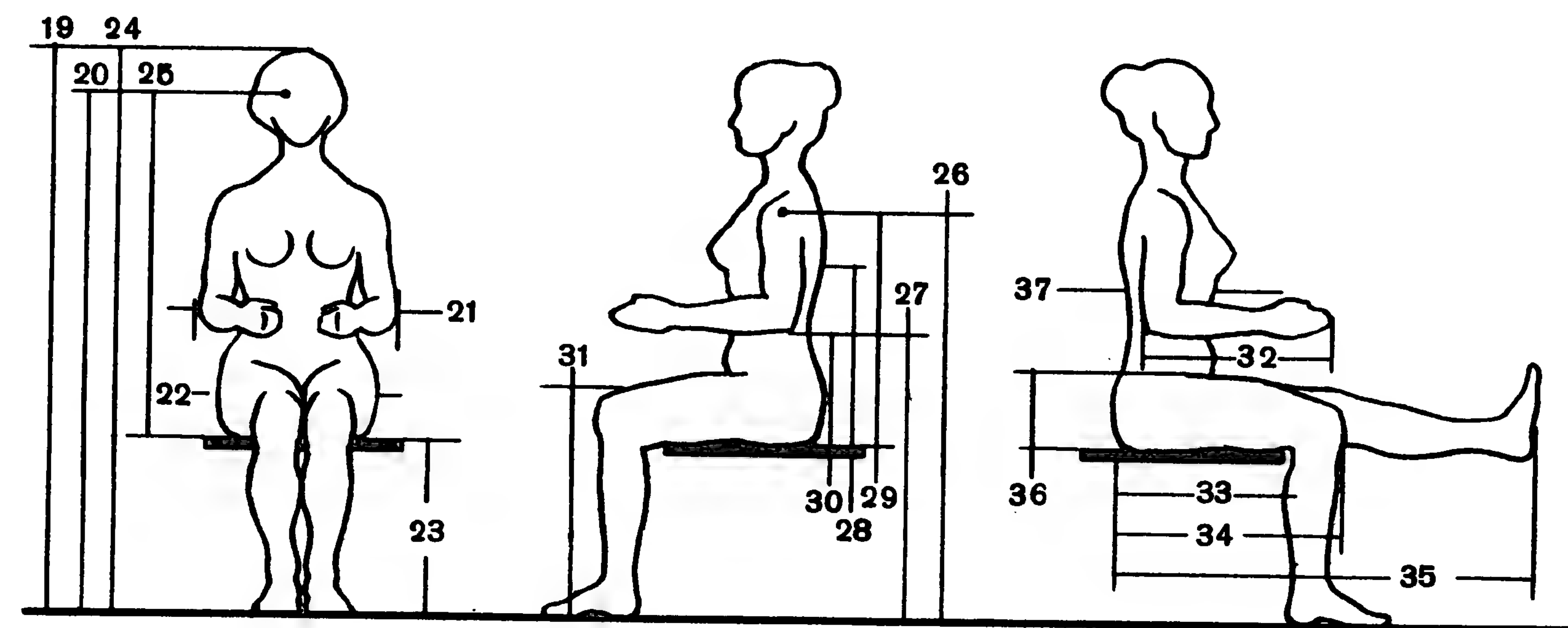


РАЗМЕРЫ МУЖСКОГО ТЕЛА

Измеряемая величина	Размеры, мм			
	средний, M	среднеквадратическое отклонение, σ	наименьший (исключая 5% снизу)	наибольший (исключая 5% сверху)
1. Рост	1680	58	1585	1775
2. Зона вертикальной досягаемости	2140	84	2000	2280
3. Длина руки, вытянутой в сторону	723	33	670	777
4. Зона боковой досягаемости (от плечевой точки)	622	30	572	672
5. Длина ноги	900	43	830	971
6. Ширина колен	230	18	200	260
7. Ширина плеч	380	18	350	410
8. Длина плеча	327	17	300	355
9. Ширина расстановки ног	830	72	710	950
10. Высота глаз	1560	58	1465	1655
11. Высота плечевой точки	1370	55	1280	1460
12. Высота пальцевой точки	620	33	565	675
13. Длина руки	754	35	696	812
14. Высота верхнегрудинной точки	1360	52	1275	1445
15. Высота сосковой точки	1210	51	1125	1305
16. Высота линии талии	1035	47	955	1110
17. Длина руки, вытянутой вперед	743	33	688	800
18. Наибольший сагиттальный диаметр	300	—	—	—
19. Рост сидя II	1310	43	1240	1400
20. Высота глаз (сидя)	1180	43	1110	1250
21. Локтевая ширина	448	32	395	500
22. Наибольший диаметр бедер	344	21	310	380
23. Высота сиденья	422	22	386	458
24. Рост сидя I	887	31	836	938
25. Высота глаз над сиденьем	770	30	720	820
26. Высота плеча над полом	1010	42	940	1080
27. Высота локтя над полом	654	33	600	710
28. Высота лопаток над сиденьем	435	27	390	478
29. Высота плеча над сиденьем	586	27	543	629
30. Высота локтя над сиденьем	232	25	190	273
31. Высота колена	506	24	466	546
32. Длина предплечья и кисти	465	20	432	500
33. Длина бедра редуцированная	490	22	455	525
34. Длина бедра	590	27	545	635
35. Длина ноги	1040	48	960	1120
36. Диаметр бедра	135	12	115	155
37. Поясничный диаметр	230	28	184	276

NataHaus





РАЗМЕРЫ ЖЕНСКОГО ТЕЛА

Измеряемая величина	Размеры, *мм*			
	средний, *M*	среднеквадратическое отклонение, *σ*	наименьший (исключая 5 % снизу)	наибольший (исключая 5 % сверху)
1. Рост	1567	57	1470	1660
2. Зона вертикальной досягаемости	1981	76	1860	2110
3. Длина руки, вытянутой в сторону	661	30	510	711
4. Зона боковой досягаемости (от плечевой точки)	568	26	525	610
5. Длина ноги	835	41	765	900
6. Ширина колен	226	18	200	256
7. Ширина плеч	349	16	323	375
8. Длина плеча	302	16	276	330
9. Ширина расстановки ног	726	72	600	846
10. Высота глаз	1458	55	1348	1548
11. Высота плечевой точки	1281	52	1200	1365
12. Высота пальцевой точки	584	36	524	644
13. Длина руки	697	31	646	748
14. Высота верхнегрудинной точки	1271	50	1190	1350
15. Высота сосковой точки	—	—	—	—
16. Высота линии талии	976	43	906	1046
17. Длина руки вытянутой вперед	686	31	635	737
18. Наибольший сагиттальный диаметр	300	—	—	—
19. Рост сидя II	1211	45	1136	1286
20. Высота глаз (сидя)	1100	42	1030	1170
21. Локтевая ширина	452	44	380	525
22. Наибольший диаметр бедер	388	31	337	439
23. Высота сиденья	370	22	334	406
24. Рост сидя I	841	30	790	890
25. Высота глаз над сиденьем	725	28	680	770
26. Высота плеча над полом	930	41	863	1010
27. Высота локтя над полом	605	35	550	663
28. Высота лопаток над сиденьем	426	23	384	464
29. Высота плеча над сиденьем	560	27	515	605
30. Высота локтя над сиденьем	235	25	195	276
31. Высота колена	467	24	427	507
32. Длина предплечья и кисти	427	18	395	457
33. Длина бедра редуцированная	472	22	436	508
34. Длина бедра	568	28	522	614
35. Длина ноги	983	47	905	1060
36. Диаметр бедра	143	13	122	164
37. Поясничный диаметр	255	40	188	332

литература

1. *Randall F. E., Damon A.*, Official Surveys of Aviation Cadets and Other Flying Personnel (Army Air Force. Systems Command, Mem. Rep. № EXP-M-49-695-48), 31 Aug. 1942.
2. *Randall F. E.* et al., Human Body Size in Military Aircraft and Personal Equipment (Army Air Force. Air Materiel Command, Tech. Rep. № 5501), 10 June 1946.
3. *Hertzberg H. T. E.* et al., Anthropometry of Flying Personnel, 1950 (Air Force, Wright Air Development Center, Tech. Rep. № 52-321), Sept. 1954.
4. *Daniels G. S.* et al., Anthropometry of WAF Basic Trainees (Air Force. Wright Air Development Center, Tech. Rep. № 53-12), July 1953.
5. Human Engineering Investigations—Design Guides (Convair Division of General Dynamics Corp., Rer. №HFE 64-20), 6 March 1958.
6. *Meredith F. L.*, Hygiene Blakiston Co., Philadelphia, 1941.
7. *Lay W. E., Fisher L. C.*, „Riding Comfort and Cushions", *SAE J.*, **47**, 482 (1940).
8. *Swearingen J. J.*, Determination of Centers of Gravity (Department of Commerce, Civil Aeronautics, A Medical Res. Lab., Project № 53-203), May 1953.
9. *Boyd E.*, The Growth of the Surface Area of the Human Body, Univ. of Minnesota Press, 1935.
10. *Randall F. E.*, Anthropometric Nomograph of Army Men (Army Department, Quartermaster Climatic Res. Lab., Environmental Protection Section, Rep. № 147), 10 Jan. 1949.
11. *Frescoln L. D.*, „Range of Bodily Movements", *Medical Times*, **57**, 197—198 (1929).
12. *Rosen N. G.*, „A Simplified Method of Measuring Amplitude of Motion in Joints", *J. Bone and Joint Surgery*, **4**, 570—579 (1922).
13. *Silver D.*, „Measurment of the Range of Motion in Joints", *J. Bone and Joint Surgery*, **5**, 569—579 (1923).
14. *Pierce B. F., Murch K. R.*, Strength and Reach Envelopes of a Pilot Wearing a Full Pressure Suit in the Seated and Supine Positions (Convair Division of General Dynamics Corp., Rep. ZR-659-034), 23 July 1959.
15. *Hunsicker P. A.*, Arm Strength at Selected Degrees of Elbow Flexion (Air Force. Wright Air Development Center, Tech. Rep. № 54-548), 1955.
16. *Sheldon W. H.* et al., The Varieties of Human Physique, Harper and Brothers, 1940, ch. 3.

Глава

6

прочие факторы

Стр. 6-1 прочие факторы

6-2 ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ТЕЛА
6-2 Рецепторы кожи
6-9 Кинестезия
6-10 Равновесие
6-13 Вкус
6-13 Обоняние
6-15 Голод
6-15 Жажда
6-16 Пища — энергия

6-18 МОТОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА
6-19 Рефлекторная деятельность
6-19 Время реакции
6-21 Общие характеристики движения
6-22 Моторная деятельность при выполнении некоторых специфических заданий
6-31 Передаточная функция человека
6-42 Принципы экономии движения

6-44 ОРИЕНТИРОВКА
6-44 Колебания тела
6-44 Чувствительность к движению
6-45 Нистагм
6-46 Иллюзии, связанные с движением
6-47 Восприятие вертикального направления
6-50 Невесомость
6-52 Готовность
6-54 «Космическая близорукость»

6-55 ЛИТЕРАТУРА



прочие факторы

В первых пяти главах этого справочника мы дали ряд практических рекомендаций по учету требований инженерной психологии при конструировании и ознакомили читателя с работой двух основных органов чувств человека, имеющих первостепенное значение при включении его в систему «человек и машина». Описанием антропометрических данных мы завершили изложение комплекса основных сведений о человеке, которые следует рассматривать как исходные параметры при конструировании оборудования. Однако имеется еще целый ряд физиологических и психологических факторов, которые влияют на человека-оператора и часто создают довольно сложные проблемы при синтезе и работе систем «человек и машина». Конструктор должен быть знаком с этими факторами и иметь представление об их влиянии на способы решения задач, с которыми он может встретиться на практике.

Рассмотрение любого ограниченного числа характеристик не может полностью охватить все бесконечное многообразие проявлений и особенностей человека. Поэтому в данной главе мы ограничились тремя основными дополнительными аспектами. Во-первых, в дополнение к главам о зрении и слухе приводятся некоторые сведения о других сенсорных системах. Здесь содержится информация о таких ощущениях, как осязание, вкус, обоняние, кинестезия и равновесие. Во-вторых, описывается двигательная система, включая некоторые основные количественные характеристики, а также их применение в специфических условиях деятельности оператора. Наконец, в этой главе анализируются механизмы, с помощью которых поддерживается ориентация человека в окружающей среде.

Мы надеемся, что материал, приведенный в настоящей главе, в сочетании с содержанием первых пяти глав даст читателю необходимый объем информации для более глубокого учета возможностей и ограничений человека-оператора.

29 Заказ № 492

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ТЕЛА

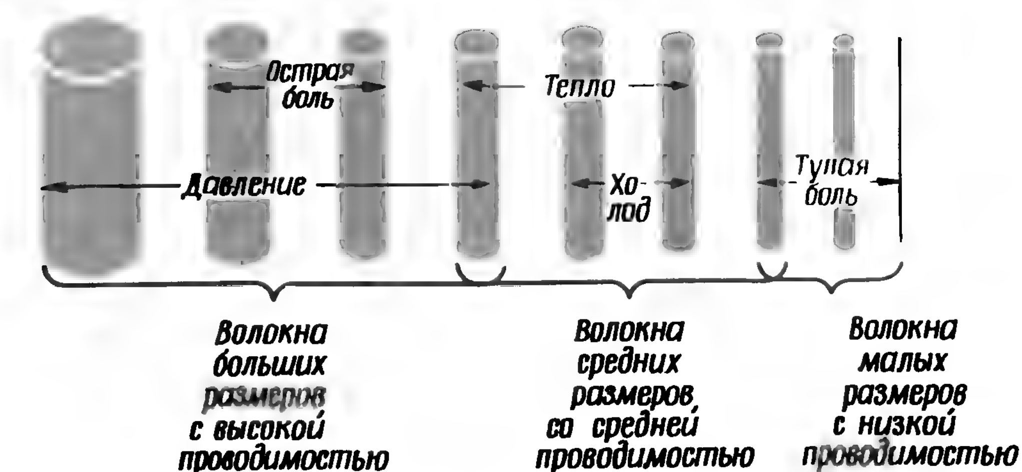
рецепторы кожи

Большое количество информации о непосредственном окружении человека поступает к нему через кожу. Известно, что, когда мы учимся видеть и слышать, а затем правильно интерпретировать зрительные и слуховые стимулы, нам во многом помогают кожные рецепторы.

По традиции осязание подразделяют на четыре первичных кожных ощущения: боли, давления, холода и тепла. Действительно, имеются экспериментальные подтверждения того, что существуют специфические рецепторы для каждого из этих основных видов кожных ощущений. Семь типов нервных окончаний [1] показаны на приведенном внизу рисунке, где дается поперечный разрез кожи.



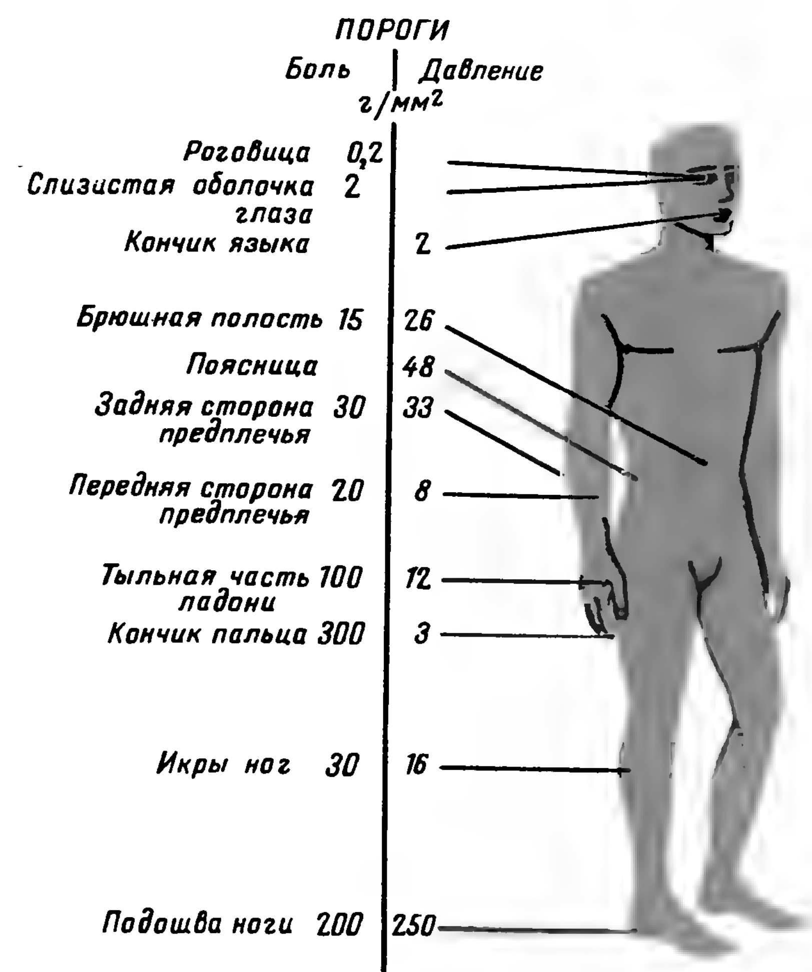
Гипотеза о наличии ряда специфических рецепторов кожной чувствительности основывается на том факте, что имеются особые участки кожи, где наблюдается максимальная чувствительность к теплу, холоду, боли или давлению. Эти участки кожи довольно стабильны и, как правило, характеризуются высокой степенью концентрации нервных окончаний определенного типа. Если касаться различных участков кожи острием иглы, то можно обнаружить места, в которых возникает ощущение тепла или холода, другие места, где возникает лишь ощущение давления, и, наконец, места, где возникает только ощущение боли. Благодаря взаимосвязи между нервными окончаниями в коже повышение интенсивности раздражителя в одном месте вызывает распространение раздражения и может вызвать реакцию других, менее чувствительных мест. При этом наряду с первоначальным ощущением в данной точке возникают и другие ощущения. С другой стороны, любой достаточно сильный раздражитель, приложенный к месту, специфически чувствительному к другому типу раздражителя, может вызвать реакцию, обычную для этого места кожи. Например, интенсивный тепловой луч, попадая в точку болевой чувствительности, вызывает чувство боли, а не тепла. Вообще говоря, чувствительность точек боли, давления, холода и тепла зависит от количества нервных окончаний, приходящихся на единицу площади кожи.



Эти раздражения, независимо от типов рецепторов, которые им соответствуют, проводятся нервными волокнами трех различных размеров: большими, средними и малыми с соответствующими скоростями распространения импульса. Как видно из рисунка, в функциях этих волокон имеется некоторое перекрытие; например, некоторые нервные волокна, чувствительные к давлению, имеют размер волокон, чувствительных к теплу.

Кожная чувствительность при продолжительной неизменной стимуляции может адаптироваться к определенным раздражителям. В этом случае характерные ощущения не возникают.

NataHaus



БОЛЬ

Боль может вызываться механическими, химическими, тепловыми и электрическими раздражителями. Ощущение боли чаще всего связано с раздражением поверхности кожи. Это естественно, поскольку проводниками болевого возбуждения являются свободные нервные окончания, а большинство их расположено именно на поверхности кожи.

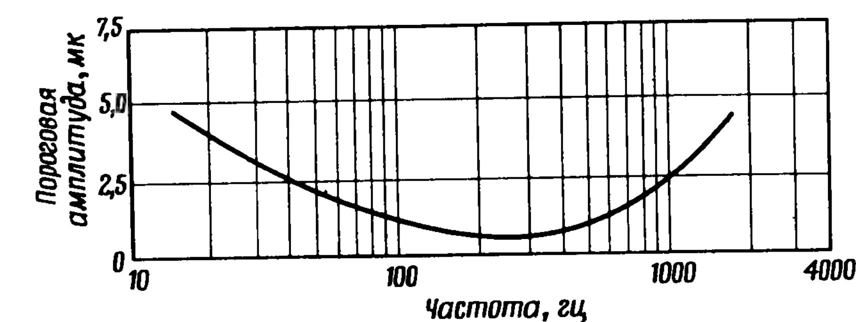
Пороги болевого ощущения, вызываемого механическим или электрическим раздражителем, изменяются в зависимости от места стимуляции. Уровень болевого ощущения, вызываемого химическим раздражителем, пропорционален концентрации водородных ионов (кислотности) в химических растворах. Щелочные растворы большой концентрации также вызывают болевое ощущение. Обнаружено, что минимальное тепловое раздражение, необходимое для того, чтобы вызвать боль, составляет 0,21 *кал/сек·см²* (при условии, что тепловое излучение направлено на кожу так, что не ощущается давления).

ДАВЛЕНИЕ

Сжатие или растяжение кожи как внутрь, так и наружу является стимулом, вызывающим ощущение давления. Сильное давление оказывает влияние на нервные волокна, которые называются клетками Пачини, а небольшое давление раздражает лишь колбы Краузе и свободные нервные окончания.

Пороги ощущения давления изменяются в зависимости от участка кожи, концентрации нервных волокон в нем и толщины кожи. Холвей и Крозиер полагают, что минимальное изменение давления, вызывающее едва заметную разницу в ощущении, зависит от количества нейронов, способных к возбуждению в данный момент.

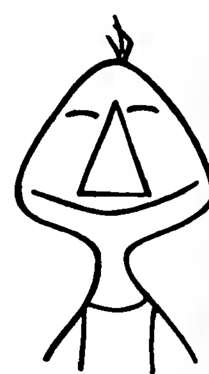
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ВИБРАЦИИ не связана с функцией особых рецепторов. Она зависит прежде всего от чувствительности к давлению. Действие вибрации уже отчасти было описано в гл. 2 на стр. 2-233—2-235 и в гл. 3 на стр. 3-17.



Кривая зависимости пороговой амплитуды вибрации от частоты очень сходна с кривой порога слышимости, но она смещена в сторону низких частот. Способность человека к различению частот довольно высока. После некоторой тренировки человек может отличить, например, частоту 400 *гц* от 420 *гц*. Абсолютная и относительная чувствительности к уровню вибрации позволяют человеку иногда «слышать» посредством вибрационных ощущений, особенно если различные частоты подаются от источника к особым участкам кожи. В этом случае разные частоты вибрации возбуждают различные части основной мембраны уха.

При частоте от 100 до 500 *гц* человек может ощутить вибрацию со столь малой амплитудой, как 0,001 *мм*. При более высоких или более низких частотах (выше 1000 и ниже 60 *гц*) амплитуда вибрации, чтобы быть ощутимой, должна возрасти до 0,004 *мм*. Поскольку ощущение вибрации зависит от рецепторов давления, области кожи с наибольшей чувствительностью к давлению и к вибрации совпадают (см. рисунок на стр. 6-4). Почти по всему диапазону частот предел допустимой амплитуды вибрации приблизительно в 15—20 раз выше пороговой амплитуды. При достаточно высокой амплитуде удавалось измерить чувствительность человека к вибрации частотой от 10 до 8000 *гц*. Поскольку нейроны передают сигналы с максимальной скоростью 500 *имп/сек*, было высказано предположение, что для того, чтобы обеспечить достаточно точную реакцию на высокие частоты, группы нервов должны возбуждаться синхронно и в строгой последовательности.

NataHaus





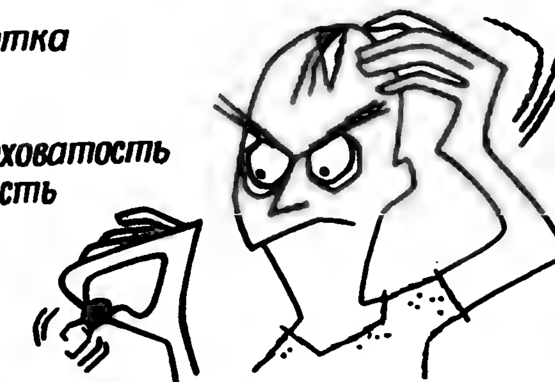
ТЕМПЕРАТУРА

Относительно специфических рецепторов тепла и холода еще нет точных опытных данных. Полагают, что в первом случае чувствительным элементом являются нервные окончания Руффини, а во втором — колбы Краузе (см. рисунок на стр. 6-2). Нейф предложил другую гипотезу, в соответствии с которой тепловое раздражение вызывается механическим путем в результате сокращения (холод) и расширения (тепло) кровеносных сосудов. Существует еще и третья теория — Дженкинса, по которой тепловая чувствительность зависит от изменения концентрации соответствующих свободных нервных окончаний.

Температура кожи постоянно претерпевает небольшие колебания вследствие разнообразных внутренних и внешних воздействий. Однако сама кожа является плохим проводником тепла, и этот факт вместе со стабилизирующими процессами в теле позволяет организму сохранять температуру кожи в надлежащих пределах при изменения температуры внешней среды.

Когда определенная область кожи адаптируется (становится нечувствительной) к внешней температуре, говорят, что температура среды находится на «физиологическом нуле», который для различных областей кожи может быть достигнут при температурах среды между 18 и 42°С. Имеется так называемая «нейтральная зона» — интервал от 1 до 2°С около точки физиологического нуля, — в которой температура не ощущается. Несмотря на то что различные области кожи могут иметь самые различные температуры, их адаптация происходит почти одновременно. Нормальная температура кожи, соответствующая нейтральной зоне (при обычных условиях среды), составляет от 32,5 до 33,5°С.

При температурах за пределами нейтральной зоны возможна только частичная адаптация. Так, при частичной адаптации человека к температуре, скажем, 4,5°С даже повышение температуры до 7°С усилит ощущение холода. Температура кожи ниже 0°С и выше 51°С вызывает ощущение боли. Данные о температуре кожи, ее допустимых пределах и оптимальных температурных условиях рабочей среды приведены в гл. 2 на стр. 2-226.



ДРУГИЕ ВИДЫ КОЖНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Кроме рассмотренных выше, имеются и другие кожные ощущения (ощущения шероховатости и влажности, щекотка, зуд, укол). Эти ощущения являются видоизменениями или сочетаниями основных кожных ощущений. Например, при последовательном возбуждении ряда нервных волокон возникает то специфическое ощущение, которое мы называем щекоткой. Чтобы отличить шероховатую поверхность от гладкой, необходимо выполнить движение; в результате этого возникает вибрация, передаваемая рецепторами давления, которая и служит в этом случае главным раздражителем. Ощущение влажности есть сочетание ощущения давления с ощущениями холода или тепла.

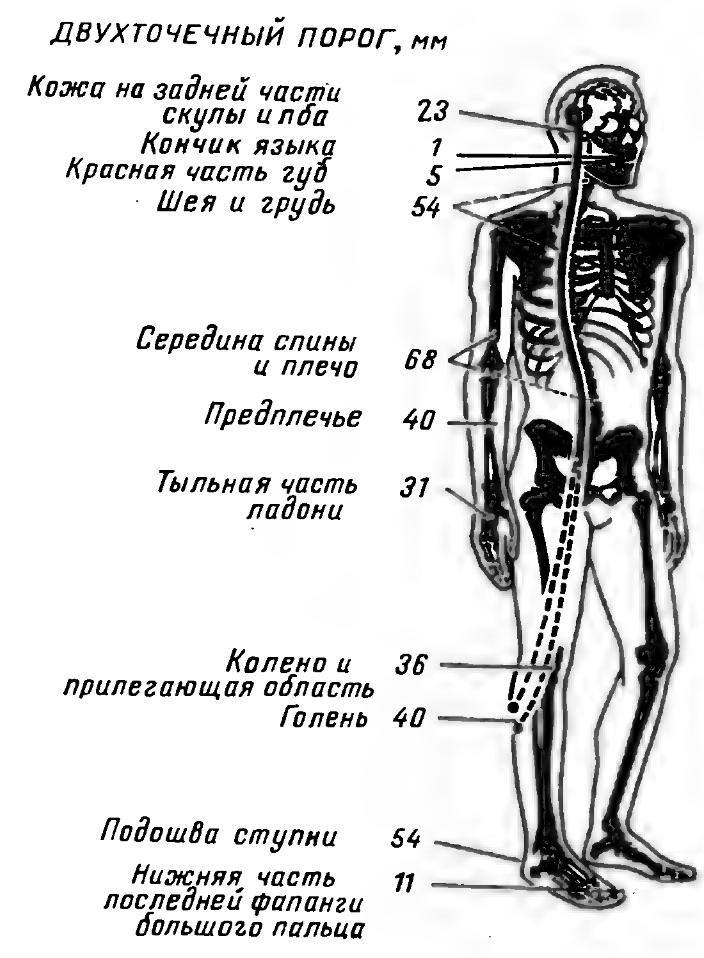
ЛОКАЛИЗАЦИЯ КОЖНЫХ ОЩУЩЕНИЙ И ДВУХТОЧЕЧНЫЙ ПОРОГ

Подобно сетчатке глаза, точки кожи связаны с соответствующими зонами коры головного мозга. Качественно различные сигналы передаются по своим особым нервным путям в спинном мозге, которые сходятся в таламусе, расположенном у основания мозга. Таламус выполняет целый ряд важных функций, из которых основная состоит в том, что он является промежуточным пунктом и распределительным центром для импульсов, идущих ко всем частям тела или от них к мозгу. Воссоздание «карты» кожной чувствительности происходит в первую очередь в этом органе. Отсюда нейронная «карта» тела передается кожным центрам коры головного мозга с сохранением соответствующей ориентации.

Описанная система позволяет локализовать и дифференцировать сигналы, идущие от различных точек кожи.

Двухточечный порог — минимальное расстояние между двумя точками кожи, одновременное раздражение которых воспринимается раздельно. Этот порог неодинаков для разных частей тела и может быть понижен путем специальной тренировки.

NataHaus



Как ни парадоксально, двухточечный порог значительно больше, чем погрешность при локализации одной точки раздражения кожи. Например, точки, отмеченные на рисунке слева, могут не восприниматься как раздельные при их одновременном раздражении, но если потребуется локализовать каждую из этих точек при прикосновении к ним по-отдельности, погрешности локализации будут находиться в пределах окружностей, проведенных вокруг этих точек. Это явление можно объяснить тем, что два одновременных раздражителя действуют не только в точках их приложения, но и в прилегающих областях, которые перекрывают друг друга, что влияет и на распространение нервных импульсов в центры. Это приводит к возникновению ощущения, будто во всей области между данными точками существует непрерывное раздражение. В противоположность этому центральная точка, или область максимального действия одного раздражителя, может быть точно определена независимо от того, как широко при этом распространяется раздражение вокруг точки. Две точки кожи, раздражение которых требуется дифференцировать, должны быть расположены достаточно далеко друг от друга, чтобы области раздражения не слишком сильно перекрывались. Локализация раздражения кожи происходит лучше всего на подвижных частях тела, таких, как руки, ноги или рот.

РАСПОЗНАВАНИЕ ФОРМЫ

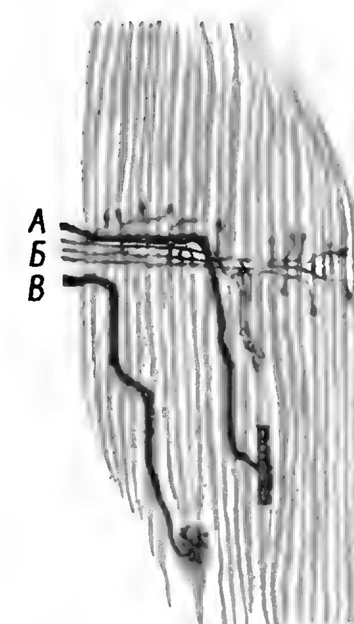
Важное практическое значение имеет использование кожной чувствительности для распознавания формы предметов. Кодирование формой органов управления основано именно на этой способности человека. На стр. 2-106 показаны формы рукояток, которые, как установлено, легко различаются человеком на ощупь.

КИНЕСТЕЗИЯ (мышечное чувство)

Целенаправленные действия человека требуют, чтобы он знал о совершаемых движениях и положении частей его тела. При этом важную роль играют зрительный и другие анализаторы, однако главным источником информации о движениях и положении частей тела является *кинестезия*, или мышечное чувство. Известно, что человек может ходить и с закрытыми глазами. Кинестезия позволяет судить о положении наших конечностей в каждый момент движения, о том, насколько они переместились и какое положение в целом занимает тело. Короче говоря, с помощью мышечных ощущений происходит координация движений всех частей тела и объединение их в единый моторный акт, как это происходит, например, при ходьбе.

ИННЕРВАЦИЯ МЫШЦ

Название «мышечное» чувство правильно отражает существо явления, поскольку импульсы исходят от нервных окончаний, расположенных в мышцах, сухожилиях и суставах. Три типа нервных окончаний, связанные каждое со специфическим мышечным образованием, реагируют на три главные вида раздражения: напряжение, растяжение и давление. Например, на показанной рядом иллюстрации [2], изображающей сенсорную и двигательную иннервацию мышцы, показаны три различных типа нервных волокон и их окончаний. Возбуждение двигательного нерва *А*, оканчивающегося в мышечном волокне, заставляет это мышечное волокно сжиматься. Сенсорный аннулоспиральный нерв *Б*, оканчивающийся так называемым *мышечным веретеном*, приспособлен для регистрации растяжения мышц. *Тельце Гольджи* (представляющее собой часть сухожилия, расположенную у соединения с мышцей) вместе с разветвленным сенсорным нервным окончанием *В* служат датчиком величины напряжения мышцы.



Нервные центры и пути проведения импульсов сходны для кожной чувствительности и кинестезии. Однако во втором случае нервные разветвления в коре головного мозга более сложны. Кроме того, помимо нервных волокон, идущих к коре головного мозга, кинестетическая система включает волокна мозжечка — мозгового центра, который способствует координированию мышечной деятельности. Сознательные кинестетические функции зависят от сенсорных импульсов, которые подаются в кору головного мозга: двигательные импульсы от мозжечка оказывают постоянное влияние на произвольные движения. Другая же часть нервных волокон вообще не доходит до мозга. В этом случае регулирование движений осуществляется по сравнительно простым сенсомоторным рефлекторным дугам, замыкающимся в спинном мозге (см. рисунок на стр. 6-19, где изображена сенсомоторная рефлекторная дуга).

Вообще говоря, большинство кинестетических волокон сходно с большими кожными волокнами (см. рисунок на стр. 6-3) и характеризуется высокой скоростью проведения нервного импульса. Чувствительные нервы, идущие от мышц к мозгу, и двигательные нервы от мозга к мышцам имеют на всем пути только один участок (так называемый *синапс*), где происходит задержка импульсов. Этим объясняется быстрота реакции. Другие нервные волокна обычно встречают на своем пути несколько замедляющих синапсов.

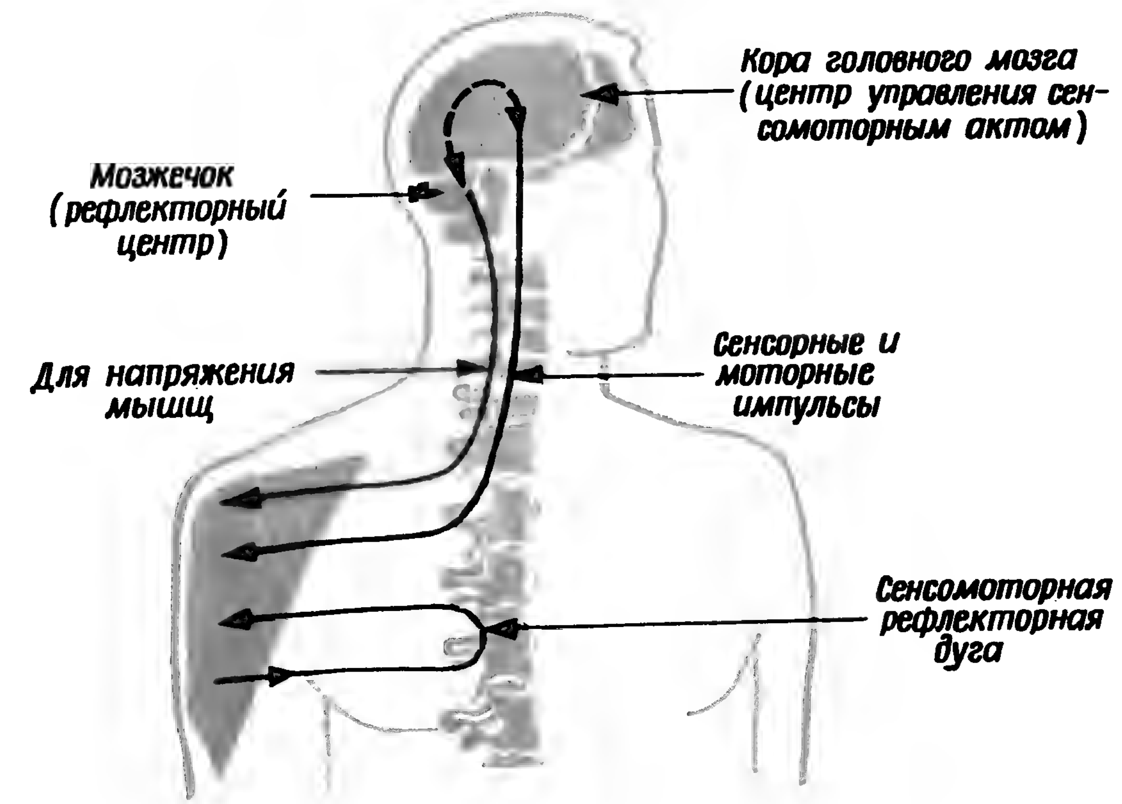
ОСОБЕННОСТИ КИНЕСТЕЗИИ

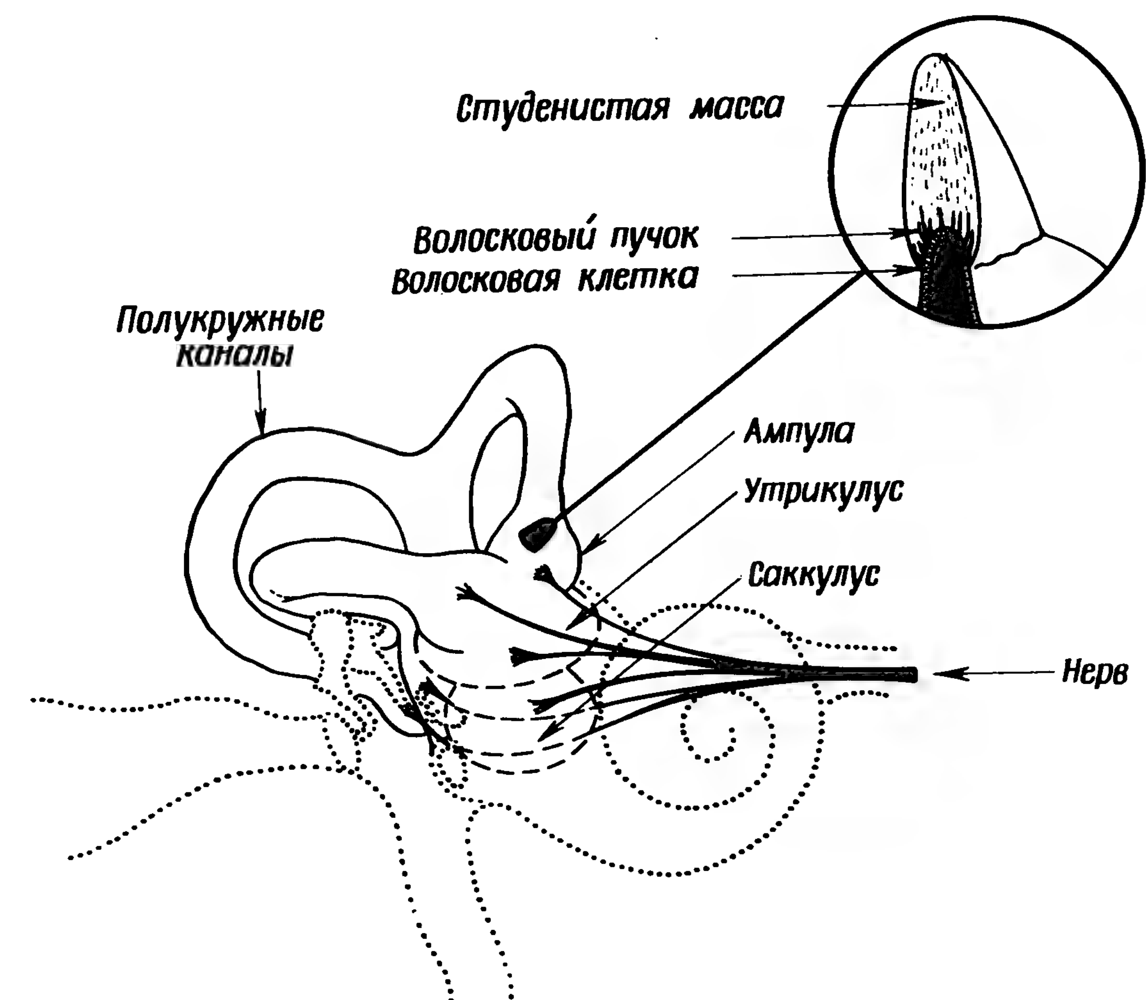
Характерной особенностью кинестезии является то, что возбуждения в этом случае идут из самого организма («проприоцепция»), а не из внешнего мира, как это имеет место при всех других ощущениях (за исключением чувства равновесия). Хотя кинестетический стимул имеется всегда, уровень его, как правило, невысок; он не осознается нами и сравнительно плохо локализуется. Кинестетическая чувствительность различна в разных частях тела. Данные о формах деятельности человека, в которых кинестезия играет существенную роль, можно найти в разделе «Моторная деятельность человека», стр. 6-18.

равновесие

Возбуждение вестибулярного лабиринта во внутреннем ухе возникает при определенном положении или движении головы, как показано справа. Органы внутреннего уха доставляют сенсорную информацию, которая вместе с кинестезией способствует сохранению статического и динамического равновесия тела *. Статическое равновесие связано с сохранением определенной позы, а динамическое — с восстановлением равновесия в условиях, которые способствуют его нарушению. Описание функций лабиринта дано на стр. 6-11 и 6-12.

* Наряду с вестибулярным аппаратом в сохранении равновесия важную роль играют зрение, мышечно-суставное чувство и кожная чувствительность. Сохранение равновесия является результатом сложного взаимодействия возникающих рефлексов.— *Прим. ред.*







ПОЛУКРУЖНЫЕ КАНАЛЫ

Полукружные каналы расположены почти под прямым углом друг к другу в трех главных пространственных плоскостях. Такое расположение позволяет ощущать угловое ускорение во всех направлениях. Когда голова поворачивается, жидкость в каналах перемещается, воздействуя на пучки волосков, расположенных в определенной части каждого канала (см. обведенную кружком часть рисунка на стр. 6-11) [3]. Эти волосковые пучки со своей стороны возбуждают нервные окончания, расположенные в волосковых клетках. Благодаря этому возбуждению и ощущается движение. Каналы улавливают только положительное и отрицательное ускорение; при постоянной скорости (рисунок *В*) инерционное отставание жидкости (*Б*) исчезает и возбуждения не происходит. Если движение внезапно прекратится, жидкость по инерции потечет в направлении, противоположном показанному на рисунке *Б*. В этом случае возникнет ошибочное восприятие направления движения направо. С реакцией внутреннего уха тесно связаны некоторые зрительные эффекты (см. разделы «Рефлекторные движения глаз» и «Иллюзии, связанные с движением», стр. 6-45, 6-46).

МЕХАНИЗМ ОЩУЩЕНИЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ И ДЕЙСТВИЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

В то время как рецепторы полукружных каналов улавливают только криволинейное движение, рецепторы, расположенные в двух перепончатых мешочках (*саккулус* и *утрикулус*), реагируют на прямолинейное движение и на действие силы тяжести. Эта реакция связана с действием частичек углекислого кальция, находящихся в студенистой массе, в которую погружены волоски. Полагают, что эти частицы передают действие силы тяжести на волоски. Влияние инерции этих частиц во время изменения прямолинейного движения аналогично инерции жидкости, действующей на волоски в полукружных каналах при изменении угловой скорости.

Раздел «Ориентировка» в этой главе содержит описание некоторых функций человека, непосредственно зависящих от работы механизмов внутреннего уха. Знание этих функций необходимо не только потому, что они помогают правильным действиям пилота, но и потому, что они иногда могут вызвать неправильные реакции. Нарушение работы вестибулярного аппарата может вызвать ряд серьезных последствий.

вкус

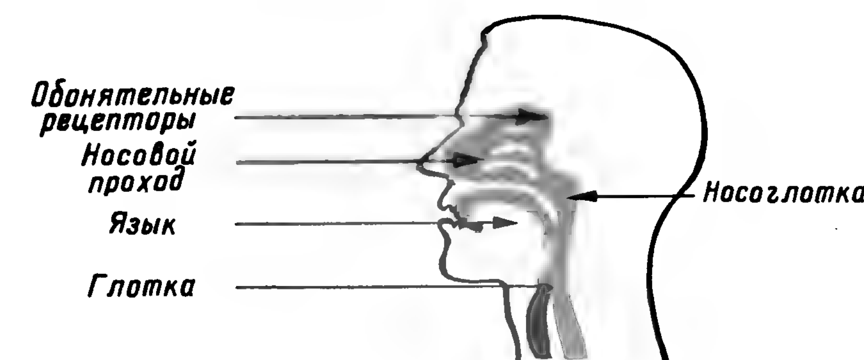
Вкусовые нейроны, оканчивающиеся на *вкусовых клетках*, расположенных во *вкусовых бугорках* языка, являются рецепторами вкусовых ощущений. Пища, смоченная слюной, через поры во вкусовом бугорке проходит к вкусовой клетке, возбуждая ее путем непосредственного контакта. Вкусовая клетка является, таким образом, контактным рецептором в отличие, например, от рецепторов обоняния (см. следующий раздел).

Существует четыре основные градации вкуса: горькое, сладкое, кислое и соленое. Все другие градации являются сочетаниями этих основных. Чувствительность к этим вкусовым ощущениям уменьшается от горького к соленому. Например, хинин (горькое) может быть обнаружен даже при 0,00005%-ном разведении. Вкусовая чувствительность разных участков языка неодинакова. Кончик языка наиболее чувствителен к сладкому, боковые части — к кислому, кончик и боковые части — к соленому, а задняя часть языка наиболее чувствительна к горькому. Вследствие этого пища, попадая на различные участки языка, вызывает разные вкусовые ощущения. Помимо этого, на вкус влияют температура и давление. Например, горячий кофе значительно отличается по вкусу от одинаково приготовленного холодного кофе. С возрастом вкусовая чувствительность понижается.

Потребность организма в той или иной пище часто проявляется в вкусовых предпочтениях человека. Например, нехватка соли может вызвать вкусовое предпочтение к соленому, благодаря чему человек начинает потреблять значительно больше соли, чтобы возместить ее недостаток в организме.

обоняние

Обонятельные нейроны расположены довольно глубоко в верхних раковинах носовой полости. Поэтому только небольшая часть содержащегося в воздухе газа, пара или летучих веществ попадает в эту часть носовой полости, вызывая раздражение. Обонятельные рецепторы, как и зрительные рецепторы сетчатки, являются своеобразным «продолжением мозга».



Научно обоснованной классификации запахов до сих пор еще нет, но на основании экспериментов предложено следующее их деление:

ХАРАКТЕРНЫЙ ЗАПАХ	ТИПОВОЙ РАЗДРАЖИТЕЛЬ
Душистый	Фиалка
Пряный	Гвоздика
Фруктовый	Апельсин
Смолистый	Бальзам
Горелый	Деготь
Зловонный	Гнилые яйца

На обонятельные ощущения влияют не только специфические раздражители, но также и некоторые механические и химические стимулы. Так, обонятельное ощущение, вызываемое аммиаком, связано с раздражением не только рецепторов обоняния, но и рецепторов боли. Кроме того, обонятельные стимулы чаще всего являются смесью вышеупомянутых основных раздражителей, что усложняет четкую оценку запаха.

Чувствительность органа обоняния очень высока, несмотря на удаленность обонятельного рецептора от раздражителя. Порог обонятельного ощущения зависит от вида раздражителя, например для этилового спирта он равен 0,2 *мг* на 1 *л* воздуха, а для ванилина — только 0,000001 *мг/л*.

Явление адаптации, т. е. потери чувствительности при продолжительном действии раздражителей, очень характерно для обоняния и вкуса.



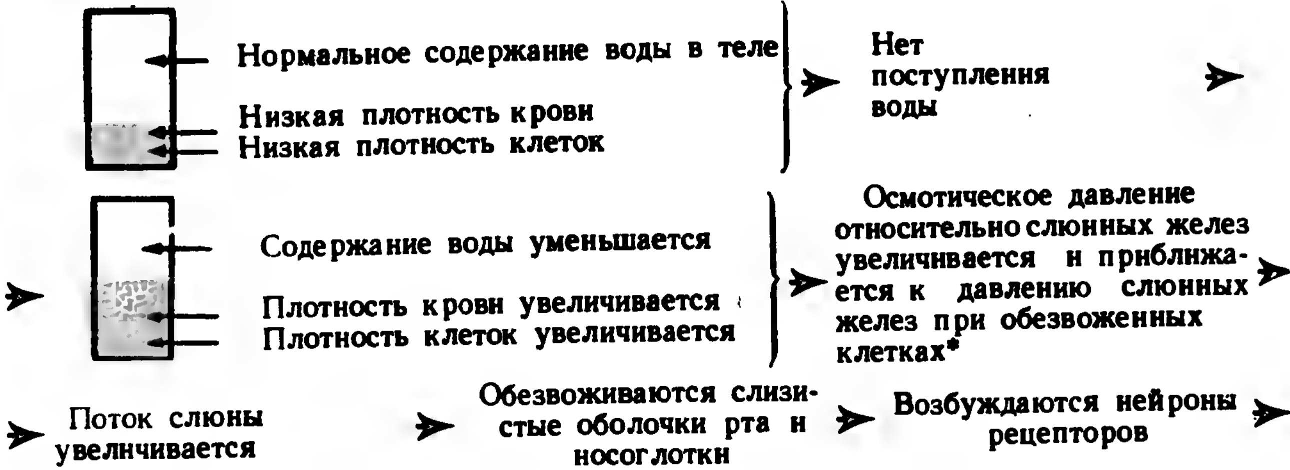
голод

Физиологические основы голода еще точно не установлены. По одной теории считается, что химическая секреция в сравнительно пустом желудке недостаточно абсорбируется пищей и поэтому заставляет стенки желудка сокращаться. С этим сокращением и связано чувство голода. Оно наиболее интенсивно не тогда, когда человек был полностью лишен пищи в течение длительного периода, а когда он принял недостаточное количество пищи. Согласно другой теории, ощущение голода и всевозможные его последствия вызывает не состояние желудка, а повышение концентрации вредных продуктов, например CO_2, в крови. В подтверждение этой теории ссылаются, например, на тот факт, что после переливания сытому животному крови голодного первое начинает вести себя как голодное.

Голод часто вызывает беспокойное поведение и повышенную подвижность. Высказывались предположения, что сокращения желудка облегчают некоторые виды деятельности, требующие, например, большой силы захвата или выполнения сложных механических операций.

жажда

Ниже показана схема возникновения ощущения жажды:



* Обезвоживанне клеток может вызвать ощущение жажды как по указанной схеме, так и путем прямого воздействия на центральную нервную систему.



NataHaus

ПИЩА — ЭНЕРГИЯ

Человек может прожить около одного месяца без пищи и до одной недели без воды. Для сохранения жизни в течение более длительного времени необходимо обеспечить человека водой и пищей. Трудно установить идеальный рацион питания, но важно, чтобы любой рацион содержал некоторые необходимые элементы. Отдел питания Национального исследовательского совета США рекомендует следующий ежедневный рацион:

Возраст, *годы*	Рост, *см*	Вес, *кг*	Питательность, *кал*	Углеводы, *г*	Кальций, *г*	Железо, *г*	Витамины, *междунар. ед.*	Тиамин, *мг*	Рибофлавин, *мг*	Ниацин, *мг*	Аскорбиновая кислота, *мг*
25	170	68	3200	65	0,8	12	5000	1,6	1,6	16	75
45	170	68	2900	65	0,8	12	5000	1,5	1,6	16	75

ПРИМЕЧАНИЕ. Этот рацион составлен для здорового человека в условиях умеренного климата.

Чем человек больше тратит энергии, тем больше пищи ему требуется. При некоторых видах умственной работы может оказаться достаточным 1800 *кал*, в то время как при определенных видах физической работы требуется до 5000 *кал* в день.

ВОДНЫЙ БАЛАНС ДЛЯ МУЖЧИНЫ СРЕДНЕЙ КОМПЛЕКЦИИ

Поступление воды		Выделение воды	
источник	количество, *г*	путь	количество, *г*
Напитки	1 200	Через легкие	500
Пища	1 000	Через кожу	500
Окисление в тканях	300	С мочой	1 400
		С калом	100
Сумма	2 500		2 500

РАСХОД ЭНЕРГИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Вид деятельности	Расход энергии, *ккал/час*
Сон	58—61
Легкая сидячая работа	100—112
Пилотирование самолета	100—200
Легкая физическая работа	350—500
Тяжелая физическая работа	500—750

СРЕДНИЙ РАСХОД ЭНЕРГИИ ЧЛЕНОМ ЭКИПАЖА КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ [4]

Вид деятельности	Расход энергии	
	ккал/час	*ккал/день*
8 *час* сна	65	520
8 *час* легкой работы	150	1200
5 *час* отдыха сидя	100	500
1 *час* отдыха лежа	80	80
1 *час* легких физических упражнений	200	200
1 *час* тяжелых физических упражнений	500	500
Всего за 24 *час*	1095	3000

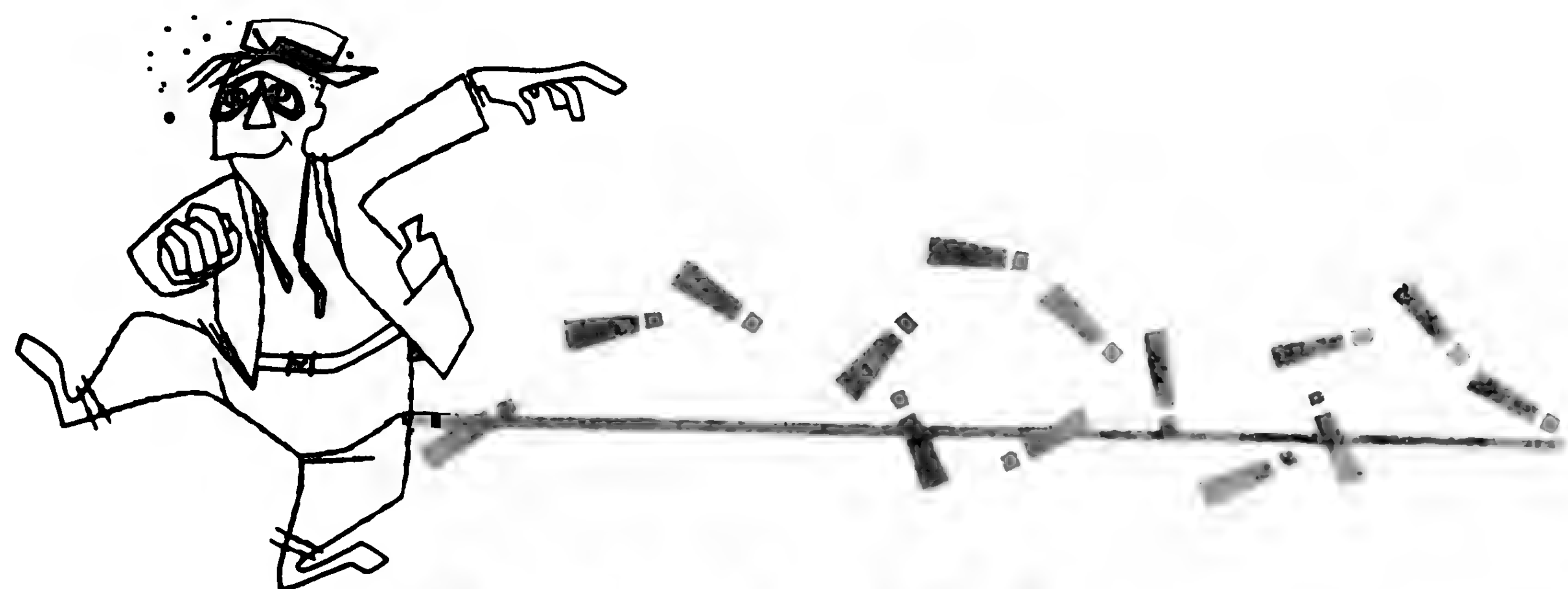
Для сохранения здоровья мужчине средней комплекции необходим определенный баланс обмена веществ. Это показано в следующей таблице [4]:

БАЛАНС ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ

Вещества	Скорость обмена, *кг/день* на 1 человека
Выделение водяного пара	1,00
Потребление кислорода	0,90
Выделение углекислого газа	1,00
Выделение воды в процессе обмена веществ	0,18
Пища (сухая)	0,60
Выделение мочи	1,30
Выделение кала	0,20
Твердые остатки от пищи	0,04
Углерод в пище, превращаемый в процессе обмена веществ в углекислый газ	0,28
Водород в пище, превращаемый в процессе обмена веществ в воду	0,02
Вода из пищи	0,45
Общий выход воды	2,48
Общее потребление воды для питья и приготовления пищи	2,00

Получается следующий общий баланс (*кг/день* на 1 человека [4]):

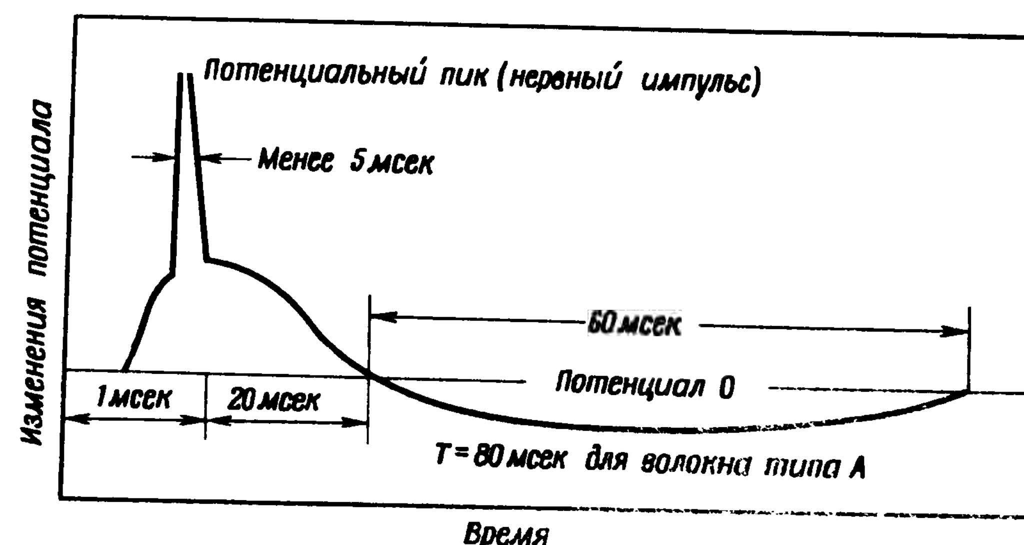
Поступление		Выделение	
Пища (сухая)	0,60	Углекислый газ	1,00
Кислород	0,90	Водяной пар	1,00
		Кал	0,20
Вода	2,00	Моча	1,30
	3,50		3,50



МОТОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

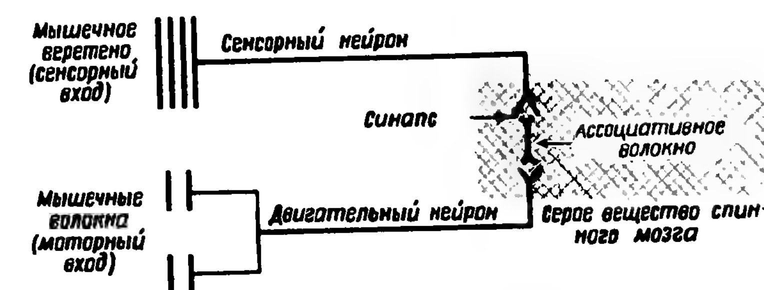
Как уже отмечалось, сенсорная система дает человеку исходные данные, которые он использует для выбора способов приспособления к окружающей среде или ее изменения с целью удовлетворения его потребностей. В отличие от этого моторная система позволяет человеку непосредственно воздействовать на среду для осуществления его целей.

Структурной основой сенсорной и двигательной систем является нейрон. Знание характеристик возбуждения нейрона помогает понять механизмы реакций человека. На рисунке показаны электрические потенциалы, возникающие в нейроне при соответствующем возбуждении, как функции времени. Временные характеристики в данном случае рассчитаны для большого быстропроводящего волокна (тип А). Приводимый здесь цикл [5] может занимать от 300 до 1000 и более миллисекунд для волокон с самой медленной проводимостью (тип В). Процесс, происходящий в течение первых нескольких миллисекунд после раздражения, изображен на диаграмме для наглядности в увеличенном масштабе. В период максимального потенциала никакой другой раздражитель независимо от его интенсивности не сможет возбудить данный нейрон. Этот период, который называется *рефрактерным периодом,* ограничивает, таким образом, возможную частоту реакций нейрона. В течение следующих нескольких миллисекунд только раздражители большей силы могут вновь сделать нейрон способным к возбуждению. При средней же и слабой интенсивности раздражителя нейрон может возбудиться и в течение последней части цикла.



рефлекторная деятельность

Рефлексы — это реакции в пределах сенсомоторной цепи, в которых высшие нервные центры участвуют лишь незначительно. Такая непроизвольная активность играет большую роль в интеграции и регулировании жизненных процессов. На рисунке показан механизм простейшего рефлекса, замыкающегося на уровне только спинного мозга. Однако и рефлекторные реакции зависят от общего состояния организма. Известно, например, что в состоянии повышенного напряжения тела усиливается так называемый коленный рефлекс. Заученные почти до автоматизма сложные двигательные реакции не являются рефлексами.



время реакции

Скорость, с которой мы можем реагировать на раздражитель, зависит, среди прочего, от следующих факторов:

От модальности стимула. Время реакции (ВР) на слуховой раздражитель меньше, чем на зрительный (см. график на следующей странице).

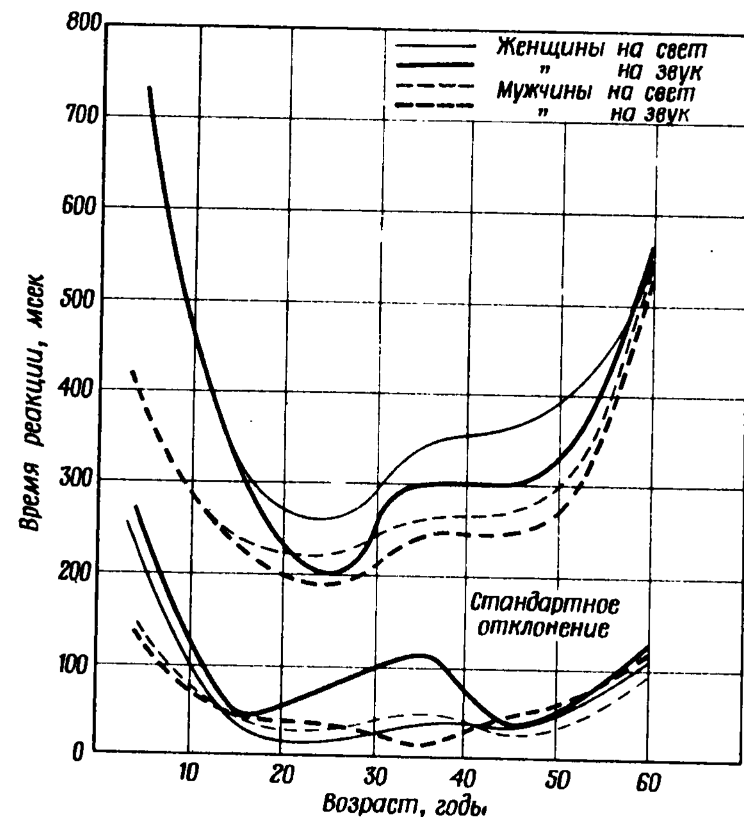
От интенсивности раздражителя. Раздражители большей интенсивности ниже известного предела над порогом сокращают ВР; выше предельной интенсивности такого сокращения времени реакции не наблюдается.

От тренированности. Время простой реакции может быть снижено на 10% с помощью специальной тренировки.

От установки человека. Настроенность человека на восприятие сигнала снижает ВР

От двигательного комплекса реакции. Правые рука и нога двигаются обычно быстрее, чем левые.

От возраста и пола.



От сложности реакции. Реакция может быть простой, когда, например, нужно нажать на ключ в ответ на любой световой сигнал, и избирательной, когда нужно нажимать на ключ только при красном, а не при зеленом сигнале. Второй случай сложнее, потому что реакция связана с необходимостью предварительного выбора. Время простой и сложной реакций можно приблизительно определить по следующей формуле:

$$\text{ВР } (мсек) = 270 \ln(n+1),$$

где n — число возможных альтернатив.

ВР на дискретные независимые раздражители может изменяться в широких пределах. Минимальное изменение ВР может быть выражено следующим образом: 50% ВР данного человека приходится на интервал ±15 *мсек* около среднего времени реакции. Среднее время простой реакции даже в самых благоприятных условиях редко падает ниже 150 *мсек*. Однако, когда сигналы следуют через равные промежутки времени или реакция обусловливается предшествующим действием (как при печатании на машинке), время реакции может быть доведено до 100 *мсек* и ниже и его вариативность для разных людей может быть сильно уменьшена.

ВРЕМЯ ПЕРЕХОДА ОТ ВОСПРИЯТИЯ К ДЕЙСТВИЮ, *сек*

Обнаружение сигнала	0,1
Распознавание зрительного образа	0,4
Принятие решения	4—5
Двигательная реакция	0,5
Реакция летательного аппарата	2
Всего	7—8,0

общие характеристики движения

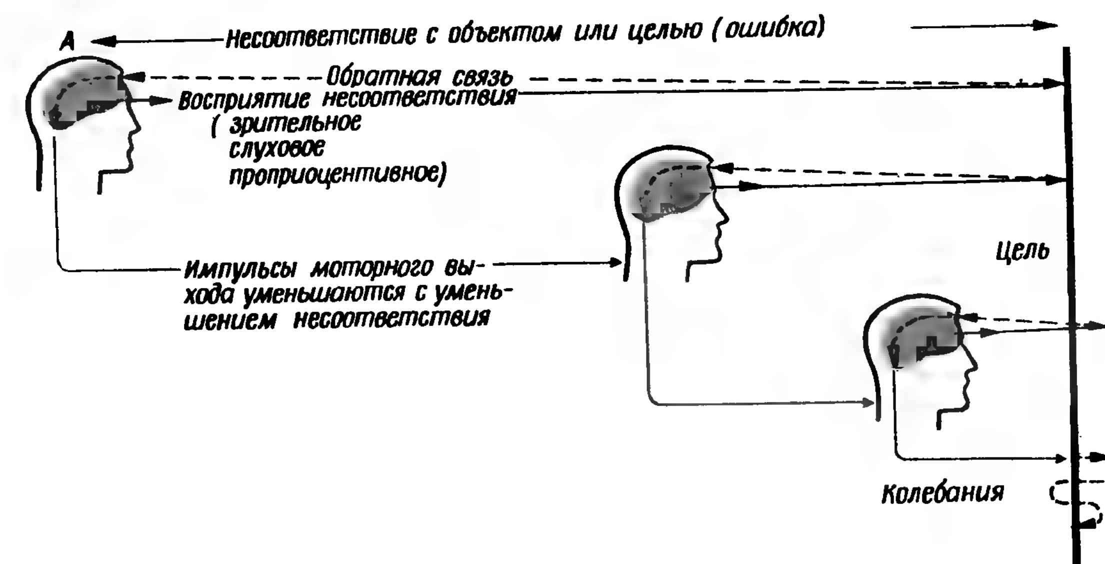
ПРОИЗВОЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ

Произвольные движения можно условно разбить на две категории: 1) ДВИЖЕНИЯ С НАПРЯЖЕНИЕМ — медленные напряженные движения, вызываемые сокращением мускулов-антагонистов, действующих один против другого с неодинаковым напряжением; 2) СВОБОДНЫЕ ДВИЖЕНИЯ — обычно быстрые и расходующие меньше энергии; одновременное действие мускулов-антагонистов минимально. Движение частей тела обычно происходит в результате взаимодействия между мускульными и гравитационными силами.

НЕПРОИЗВОЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ в отличие от произвольных не управляются корой больших полушарий мозга. К этим движениям относятся, в частности, основные жизненные процессы организма. Рефлекторные действия также относятся к классу непроизвольных движений.

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

Произвольные движения двух общих классов (напряженные и свободные), а также промежуточные между ними являются частью сенсомоторного акта. Внешние и внутренние для организма раздражители снабжают кору больших полушарий сведениями, которые используются для совершения движений. Сенсомоторная система в отношении ее динамики может рассматриваться как сложная система с замкнутой цепью обратной связи. Для большинства задач имеются по крайней мере три главных контура, включающих визуальную, тактильную и мускульную связь, как показано на иллюстрации. Движение руки отражается в восприятии, когда она перемещается на 0,5° или больше.



Характеристики человека обнаруживают много параллелей с работой механических и электрических устройств. Такие понятия, как колебания, инерция, затухание, реверберация, запаздывание, могут быть использованы и при описании свойств нервно-мускульной системы человека. Деятельность человека всегда существенно зависит от специфики выполняемых операций и предварительной тренировки человека. Будучи включен в систему управления, человек вносит в нее «шумы» в виде дополнительных колебаний, имеющих по крайней мере одну четко выраженную частоту около 1 периода в секунду, а также высокочастотное «дрожание», амплитуда которого понижается с возрастанием опыта человека. Вообще говоря, человеческое звено в системе управления не является строго линейным, но его характеристики приближаются к линейным по мере накопления оператором опыта решения соответствующих задач.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУСКУЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

Эффективность использования мускульной энергии в среднем невысока. Приблизительно $^3/_4$ мускульной энергии выделяется в виде тепла и лишь $^1/_4$ превращается в полезную работу. С энергетической точки зрения наименее эффективны движения, многократно выполняемые с очень высокой или очень низкой скоростью.

Способность человека к координации движений (за исключением устойчивости) не переносится автоматически с одних движений на другие. Например, координация движений большой амплитуды почти никак не связана с точностью выполнения мелких операций; человек, способный быстро и точно поворачивать рукоятку, может плохо владеть рычагом управления и т. д.

моторная деятельность при выполнении некоторых специфических заданий

Для практического удобства произвольные движения можно разделить на несколько функциональных категорий, каждая из которых имеет свои особенности.

ДРОЖАНИЕ

Дрожание (тремор) — это колебания, сопутствующие попытке человека сохранить строго фиксированное положение или направление. Оно наиболее отчетливо обнаруживается в напряженных видах движений. Степень дрожания измеряется амплитудой и частотой отклонений от фиксированного положения в единицу времени.

Дрожание уменьшается:

когда работа направлена против сил трения;

когда конечность имеет упор;

когда тело человека имеет упор во время движения конечности.

Дрожание возрастает:

когда делается особое усилие избежать дрожания;

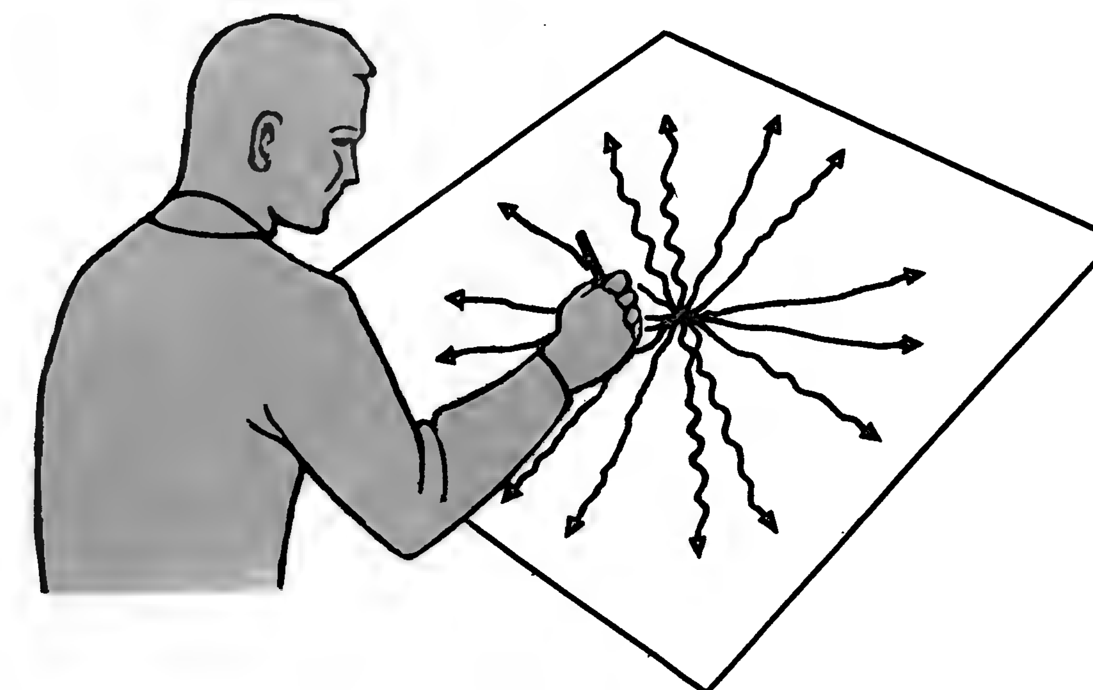
при усталости.

Дрожание наиболее велико при выполнении вертикальных движений, меньше — при движениях вперед — назад и слабее всего при движениях вправо — влево или влево — вправо.

Устойчивость — это общая характеристика различных движений, выполняемых данным человеком.

Дрожание измеряется по линии движения и под прямым углом к нему. При движении в горизонтальной плоскости, происходящем под различными углами относительно средней линии тела, амплитуда дрожания, измеряемая под прямым углом к линии движения, пропорциональна синусу угла наклона линии движения. Это отношение было выявлено в опыте Корригана и Брогдена, в котором задание состояло в том, чтобы перемещать вдоль узкого 35-сантиметрового паза штифт со скоростью 3 *см/сек,* не задевая при этом за края паза. Начальные точки и направления паза изменялись в пределах 360°.

На помещенной ниже иллюстрации 0° соответствует движению прямо вперед от средней линии тела. Заметьте, что некоторые направления движения, как показывает характер линий на рисунке, дают большую точность, чем другие.



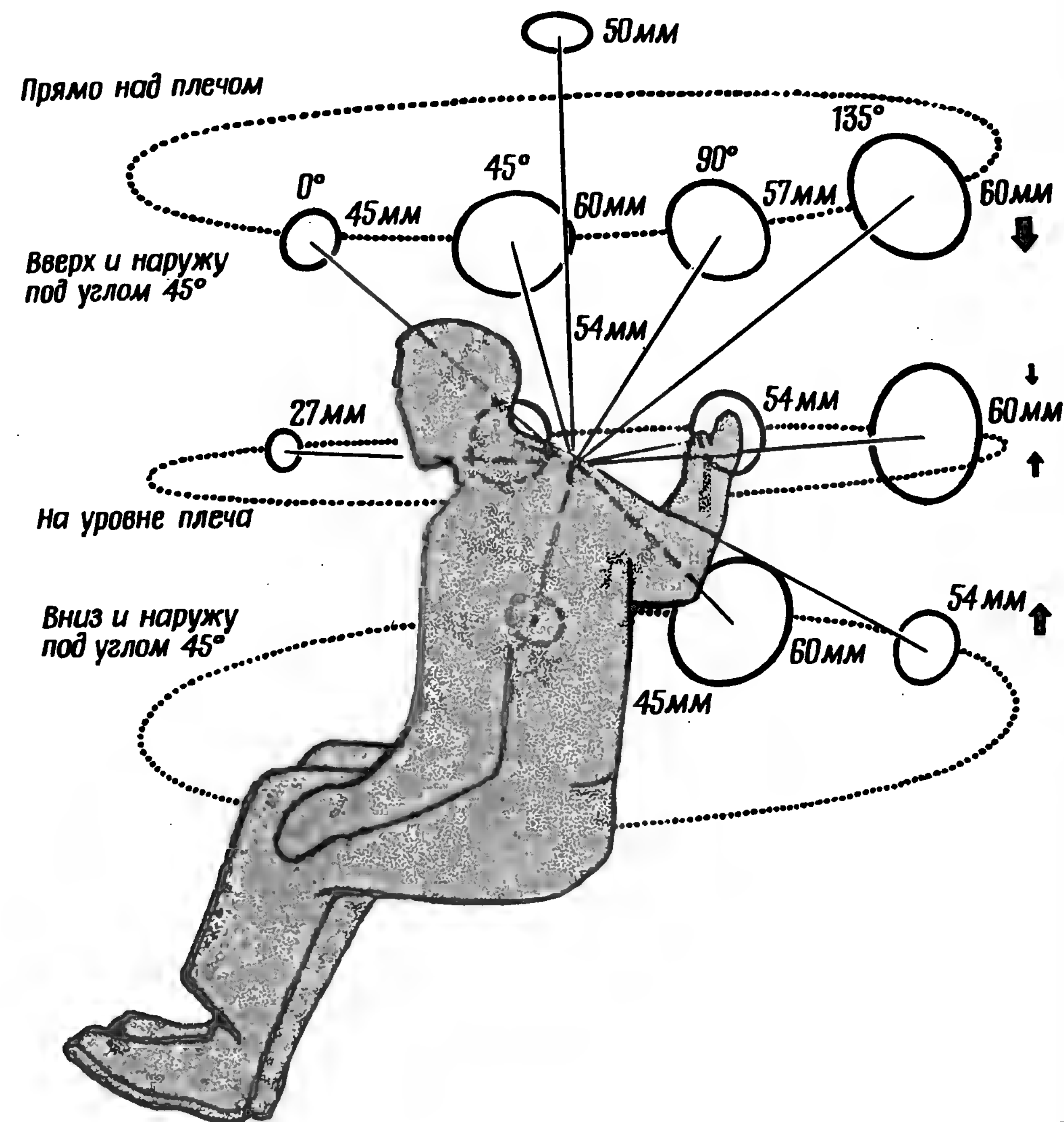
ДИСКРЕТНЫЕ ДВИЖЕНИЯ

СЛЕПОЙ ПОИСК предметов, расположенных на разных уровнях и расстояниях от человека. Ошибки человека определяются направлением движения. Сравнение ошибок выявляет так называемый центральный эффект. Сущность этого эффекта сводится к тому, что в пределах большого набора различных уровней и направлений движения всегда имеется центральная точка, ниже которой движения человека имеют тенденцию превышать отметку, а выше — занижать ее. Однако, когда движение происходит в направлении, противоположном действию силы тяжести, занижение превалирует на всех уровнях. Для движений, имеющих различные амплитуды и направления, величина отклонения, определяемого центральным эффектом, может достигнуть 100 *мм*. Точность движений в направлении к телу отлична от их точности в направлении от тела. Абсолютная величина ошибки, особенно при движении в направлении к телу, возрастает с амплитудой движения. Однако величина ошибки, достигнув 100 *мм*, остается для бо́льших амплитуд движения постоянной. Расстояние от тела, на котором выполняется движение, или время, имеющееся для его выполнения, не влияет существенно на точность движения. Точность при локализации объекта вслепую полностью определяется начальным движением. Попытка вторичной корректировки на основе одной лишь внутренней проприоцептивной обратной связи, без сенсорной информации извне, не достигает цели.

СВОБОДНЫЙ СЛЕПОЙ ПОИСК. Последующее описание процессов слепого поиска основано на опытах [6], в которых от испытуемых требовалось достать до объектов, расположенных вокруг и над ними на расстояниях до 700 *мм* от правой и левой плечевых точек. После предварительного осмотра обстановки испытуемыми им завязывали глаза, и они должны были прикоснуться к центрам мишеней. Величина средней ошибки при выполнении задания пропорциональна диаметру окружности или большой оси эллипса, окружающих центр мишени. Числовое значение ошибки указано на рисунке рядом с соответствующим кругом или эллипсом. Стрелки показывают направление и величину ошибок при поиске объектов, расположенных на разных высотах. Как видно из рисунка, ошибки обнаружения меньше для объектов, расположенных в центре. Объекты, расположенные выше плечевой точки, определяются менее точно, чем расположенные ниже ее. Более близкие объекты (не показанные на иллюстрации) локализуются более точно, чем приведенные на рисунке. Исходное положение, из которого начинается движение, влияет на результат, однако наибольшая точность обнаружения остается для объектов, расположенных прямо над головой. «Центральная тенденция» проявляется и здесь. Движения к точкам как выше плечевой точки (стрелка вниз), так и ниже ее (стрелка вверх) обнаруживают тенденцию занижения расстояния. Ошибки неопытных людей еще в 1,5—2 раза больше приведенных.

Эти данные могут найти широкое применение в тех случаях, когда органы управления должны нащупываться в условиях затемнения или когда одновременно с манипулированием органом управления выполняются другие задачи, такие, как наблюдение с помощью оптического прибора.

		Расстояние от начальный точки, *мм*				
		25	100	200	300	400
Ошибки, *мм*	К телу	+10	+6	—1	—6	—11
	От тела	+5	—5	—5	—4	—3



ПОИСК СО ЗРИТЕЛЬНЫМ КОНТРОЛЕМ. При движениях, выполняемых со зрительным контролем, скорость и моторные навыки являются более важными факторами, чем точность. В этом случае небольшие корректирующие вторичные движения помогают правильному выполнению операции. Время реакции включается в общее время движения.

При наличии соответствующих условий и достаточного времени может быть достигнута высокая точность движения. С возрастанием времени, предоставляемого для выполнения движения, точность повышается, пока это время не достигнет 1,5 *сек*. Большее время уже не повышает точности движений при визуальном поиске.

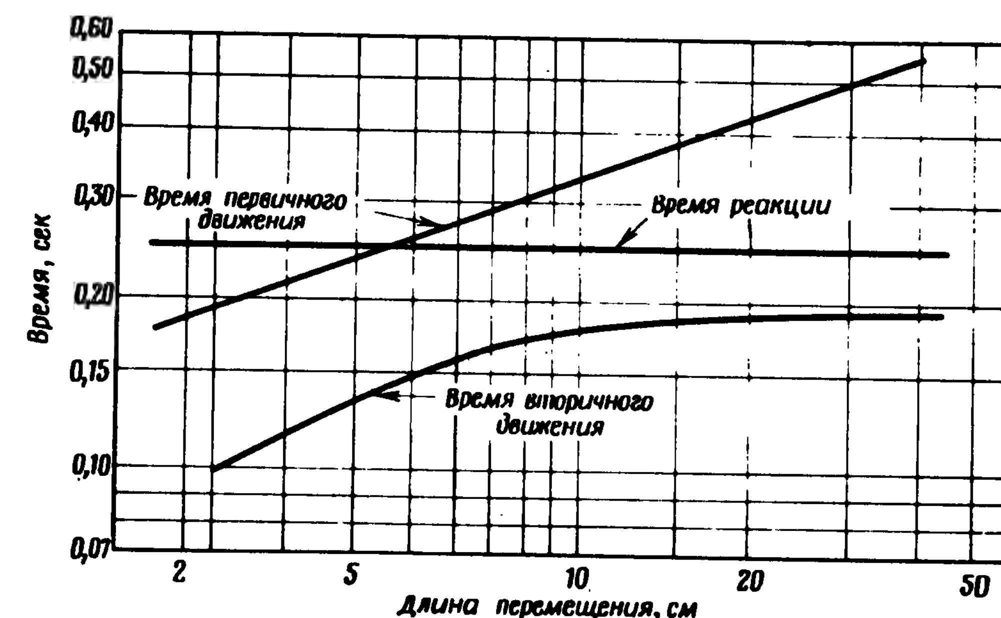


График [7а] показывает, как в зависимости от амплитуды движения изменяются три основные компоненты времени: время начального движения, время вторичного корректирующего движения и время реакции. Среднее время реакции постоянно и составляет 250 *мсек* для всех расстояний и направлений движения. Время первоначального движения возрастает с увеличением расстояния, но медленнее, чем по линейному закону. Время вторичного движения остается относительно постоянным для расстояний больше 10 *см*.

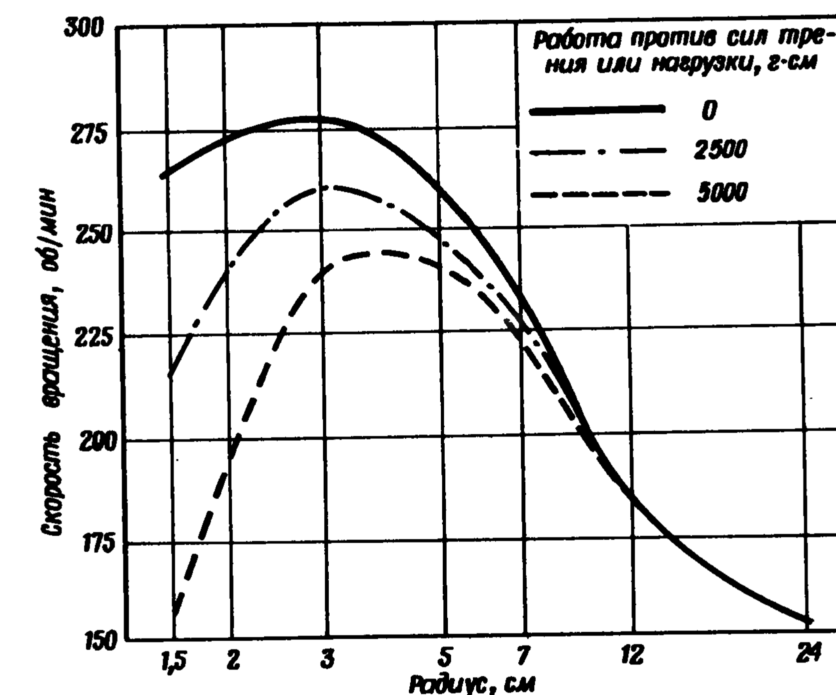
Барнес нашел, что при возвратно-поступательных движениях между пределами, отстоящими друг от друга на расстоянии до 400 *мм*, движения в обоих направлениях отнимают примерно одинаковое время. Значительная часть времени — около 100 *мсек* — при этом тратится на изменение направления движения.

Общее заключение относительно времени, требуемого для движений при визуальном поиске, состоит в том, что длинные расстояния проходятся почти так же быстро, как короткие. Чем длиннее расстояние, на которое рука должна передвинуться, тем выше средняя скорость движения руки.

ПОВТОРЯЮЩИЕСЯ ДВИЖЕНИЯ

К этому виду движений обычно относят дискретные движения, повторяемые через равные интервалы времени, например хлопки. Хлопки являются одним из простейших типов движений и имеют ограниченное практическое применение. Однако теоретически хлопки представляют значительный интерес, поскольку среднее время на хлопок, равное 100 *мсек*, соответствует основной временно́й единице поведения (см. стр. 6-39, «Серийные движения»).

ВРАЩАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ встречаются чаще всего в процессах ручного регулирования и являются неотъемлемой составной частью этих процессов. Однако полезно рассмотреть некоторые характеристики, специфичные для этих движений.



Как показано на графике [7б], максимальная скорость поворота для радиусов до 120 *мм* снижается при увеличении нагрузки. Скорость вращения достигает максимума при радиусах 30—50 *мм*. В проведенном опыте максимальная скорость ручного вращения при отсутствии нагрузки и радиусе 30 *мм* составляла 275 *об/мин*. При бо́льших нагрузках самые высокие скорости вращения соответствуют несколько большим диаметрам.

Ошибки в определении расстояния до цели характеризуются следующими свойствами: 1) они меньше всего при максимальных скоростях вращения; 2) они снижаются силами инерции (тяжелые маховики и рычаги), особенно для скоростей ниже 50 *об/мин*; при этом инерция обеспечивает более плавную настройку; 3) они возрастают при наличии трения или иного сопротивления, влияние которых особенно заметно при малых скоростях. При этом трение помогает различать малые изменения нагрузки. (См. стр. 2-115, где приведены данные об оптимальных диаметрах рукояток и маховиков в зависимости от различных условий.)

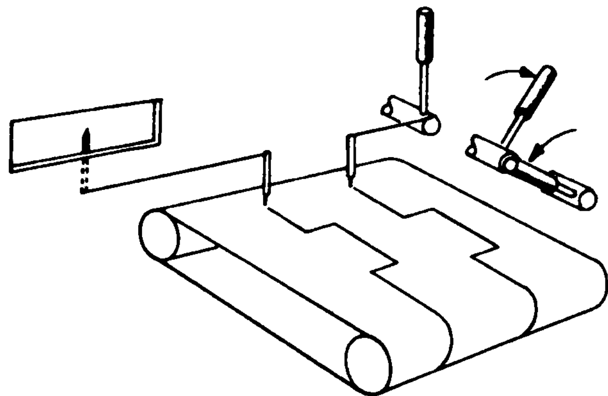
NataHaus

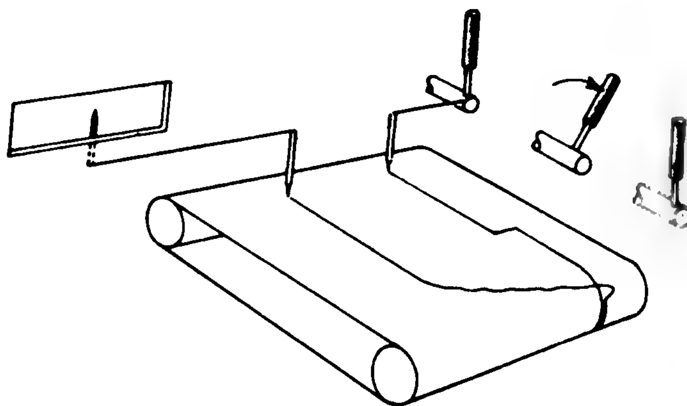
НЕПРЕРЫВНОЕ РУЧНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Действие оператора, направленное на устранение рассогласования между действительным и заданным значениями параметра, изменяющегося непрерывно, называется *непрерывным (аналоговым)* регулированием, или *слежением*. Регулирование по скорости производится путем плавного непрерывного движения для поддержания нужного положения или скорости изменения отслеживаемого параметра. Регулирование по положению требует быстрых регулирующих движений относительно большой амплитуды и направлено обычно на компенсацию крупных рассогласований.

Оба типа регулирования (*по скорости* и *по положению*) встречаются практически в каждом процессе регулирования. Трудность задачи в значительной степени зависит от того, какая доля времени отводится для каждого типа регулирования. Экспериментально установленные критерии показывают существенное различие между этими двумя видами ручного аналогового регулирования. На основе этого различия осуществляемое оператором регулирование может быть в любой момент отнесено к регулированию по скорости или к регулированию по положению.

Общее число регулирующих движений снижается с возрастанием скорости объекта, а амплитуда движений, связанных с обоими типами регулирования, и ошибки возрастают пропорционально скорости объекта.





РЕГУЛИРОВАНИЕ ПО ПОЛОЖЕНИЮ	РЕГУЛИРОВАНИЕ ПО СКОРОСТИ
Быстрое регулирование	Установка на правильный курс или заданное положение медленна; полное регулирование охватывает относительно большой период
Большая амплитуда регулирующего движения	Малая амплитуда регулирующего движения
Большая ошибка	Небольшая ошибка
Отношение времени полного движения к длине перемещения невелико; оно остается практически постоянным для всех амплитуд	Отношение времени регулирования к длине перемещения велико; оно снижается с возрастанием длины перемещения до уровня, на котором начинается регулирование по положению
Время регулирования, рассчитанное на одно перемещение, постоянно для всех скоростей изменения отслеживаемого параметра	Время регулирования снижается, когда скорость изменения регулируемого параметра возрастает
Число движений оператора при регулировании по положению остается приблизительно постоянным при всех скоростях	Число движений при регулировании по скорости снижается с возрастанием скорости изменения регулируемого параметра

Реакции слежения человека могут быть аппроксимированы уравнением относительно простого типа, и хотя эти реакции содержат некоторые случайные элементы, они не нарушают подобную аппроксимацию. Это уравнение подобно тем, которые применяются при моделировании физических систем, характеризующихся массой, трением и упругостью, или электрических систем, обладающих емкостью, сопротивлением и индуктивностью. Положение руки человека в каждый момент регулирования как функция времени может быть выражено уравнением [8а]

$$H = a\frac{dA}{dt} + bA + c\int A\,dt,$$

где H — положение в данный момент; A — стимул или положение объекта регулирования «в предшествующий момент, отстающий от данного на время реакции»; a, b, c — коэффициенты пропорциональности. Точную реакцию отдельно на dA/dt, т. е. на скорость отслеживаемого объекта, труднее выявить, чем на две другие переменные: положение и перемещение. Хотя все три величины влияют на действия оператора в процессе регулирования, скорость объекта оказывает наименьшее влияние и поэтому имеет в уравнении самый малый коэффициент пропорциональности (a). Хик [13] нашел, что порог *распознавания* неожиданных ускорений (d^2A/dt^2) движущегося пятна на экране прибора равен приблизительно 12% начальной скорости. Однако в общем случае при анализе ручного аналогового регулирования влиянием второй и высших производных перемещения отслеживаемого объекта практически можно пренебречь.

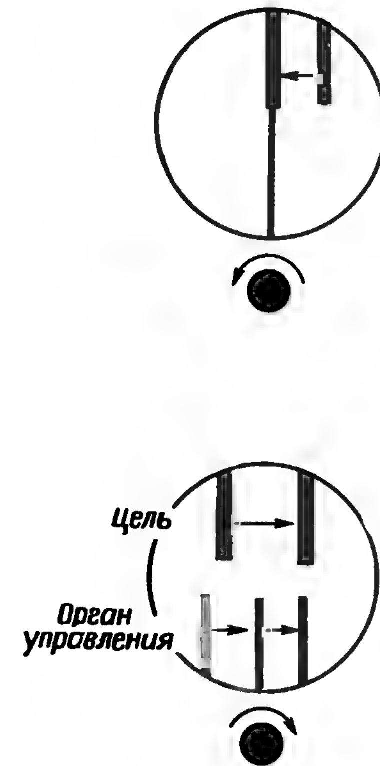


Эффективность ручного регулирования повышается, если оператор может предсказать на основании dA/dt положение отслеживаемого объекта; в этом случае величина dA/dt дает полезные указания, способствующие повышению эффективности действий оператора. В уравнении, описывающем процесс ручного регулирования, коэффициент a будет в этом случае иметь большое значение, чем коэффициенты b и c.

Точность слежения будет возрастать по мере того, как оператор научится *предсказывать* поведение объекта на основе своего прошлого опыта с данным или подобными стимулами. Например, неподвижные объекты «отслеживаются» наилучшим образом, затем по степени трудности идут объекты с постоянной скоростью, а отслеживание объектов, движение которых носит случайный характер, наиболее сложно, потому что в этом случае успешное предсказание невозможно. Регулирующее движение, начатое на основе визуальной и проприоцептивной информации, может в течение некоторого промежутка времени продолжаться с высокой точностью без зрительного контроля.

Элементом, сильно снижающим точность ручного регулирования, является *запаздывание* в системе регулирования. Иногда запаздывание, исчисляемое несколькими миллисекундами, может резко снизить качество процесса ручного регулирования.

КОМПЕНСАЦИОННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ. Задача оператора в этом случае состоит в том, чтобы удерживать метку в центре экрана прибора, перемещая орган управления так, чтобы скомпенсировать действие отклоняющих ее от центра факторов. Оператор обычно плохо справляется с этим, так как единственная информация, которой он располагает, — это величина *ошибки*, т. е. расстояние, на которое пятно на экране должно быть передвинуто, чтобы снова оказаться в центре. Оператор не имеет возможности судить о том, какая доля ошибки обусловлена его собственным регулирующим воздействием и какая — влиянием возмущающих факторов.



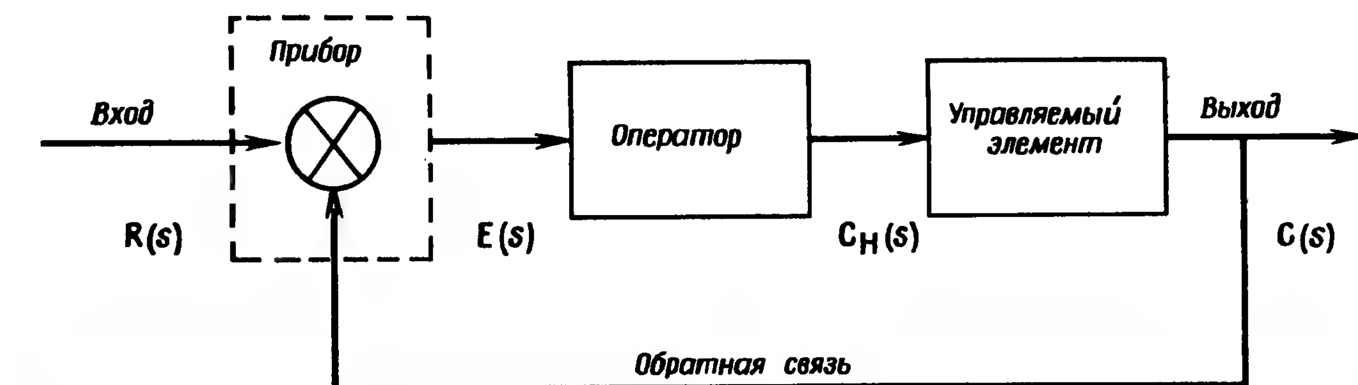
РЕГУЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ СЛЕЖЕНИЯ. В этом случае верхняя метка на изображенном слева приборе показывает положение отслеживаемой цели; нижняя метка приводится в движение оператором с помощью органа управления. Задача состоит в выравнивании этих двух меток по вертикали. Располагая достаточной информацией о своих действиях и о движении объекта, а также о несоответствии между тем и другим (ошибка), оператор в этом случае может производить регулирование более точно. Регулирование методом слежения почти при всех условиях более эффективно, чем компенсационное регулирование.

РЕГУЛИРОВАНИЕ С ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ НАСТРОЙКОЙ. С целью улучшения качества ручного слежения иногда применяются дополнительные приспособления. В системах *с вспомогательной настройкой* на индикаторе отражаются положение отслеживаемой цели и положение регулируемого элемента, причем движение последнего определяется одновременным воздействием двух факторов: смещением, пропорциональным величине перемещения регулируемого органа, и изменением скорости, пропорциональным смещению регулируемого элемента. В этом случае оператор, обнаружив отставание регулируемого элемента от отслеживаемой цели, поворотом рукоятки не только сместит регулируемый элемент в направлении цели, но и увеличит скорость перемещения регулируемого элемента, приблизив ее к скорости цели. Оптимальное значение *параметра вспомогательной настройки K*, выражаемого в секундах, находится экспериментально исходя из условия, чтобы система слежения главным образом реагировала на величину ошибки, а не на скорость ее изменения. В зависимости от условий оптимальные значения параметра вспомогательной настройки K лежат в пределах от 2 до 3 *сек*. Чем выше профессиональное мастерство оператора, тем меньше оптимальное значение K; увеличение параметра настройки K приводит к возрастанию среднеквадратической ошибки ручного слежения.

ПЕРЕДАТОЧНАЯ ФУНКЦИЯ ЧЕЛОВЕКА

За последние пятнадцать лет исследованию передаточной функции человека был посвящен ряд работ, опубликованных в США (Элкинд [9], Рагадзини [10], Сирл и Тэйлор [11]) и в Англии (Крэйк [12], Хик [13], Тастин [14]). Авторы использовали теорию автоматического регулирования для описания поведения человека-оператора как звена в системе регулирования. До последнего времени исследователи пытались описать свойства оператора с помощью линейной зависимости выхода от входа, поскольку «передаточная функция» человека, описываемая простыми линейными дифференциальными уравнениями, позволяет применить для описания действий человека в процессе регулирования теорию следящих систем и теорию синтеза линейных систем автоматического регулирования. До настоящего времени прямой переход от электромеханических систем управления к поведению человека при регулировании был невозможен, хотя разработаны некоторые превосходные приближения, получившие экспериментальное подтверждение (Сендерс [15]). Однако большинство работ в этой области не обладает той степенью общности и детализации, которая позволяла бы использовать их в справочных целях. Даже в таких на первый взгляд простых задачах, как ручное регулирование по одному параметру, построение адекватной модели поведения человека-оператора представляет огромные математические и технические трудности, поскольку наблюдения показывают, что в действиях человека явно содержатся как нелинейные, так и нестационарные элементы (Диамантидес [16]).

Динамические свойства машинной части управляемой человеком системы обычно могут быть описаны линейными дифференциальными уравнениями, называемыми передаточными функциями системы. Все разнообразные модели поведения человека-оператора, представленные в последних обзорах литературы (Сендерс [15], Беки [17]), так или иначе представляют собой попытку строгого математического описания поведения человека как звена в цепи регулирования. Модели, наиболее часто используемые для представления человека-оператора как звена в системе, подобной представленной на помещенной ниже диаграмме, можно назвать непрерывными и линейными в том смысле, что они описываются линейными дифференциальными уравнениями, коэффициенты которых зависят от ширины полосы входного сигнала и динамики используемого в данном случае управляемого элемента.



ОБЩАЯ СХЕМА ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК И МАШИНА»

$R(s)$ — вход системы;
$E(s)$ — вход человека, или параметр ошибки;
$C_{чел}(s)$ — выход человека, или управляющее воздействие человека;
$C(s)$ — выход системы.

Задача оператора, представленная на диаграмме, обычно называется *регулированием методом компенсации.* При этом прибор представляет собой «разностный» элемент, и перед человеком стоит задача свести сигнал рассогласования к нулю. Оба блока на диаграмме могут быть представлены их передаточными функциями, причем управляемый элемент описывается отношением некоторых полиномов комплексной частоты S. В последующих примерах мы в качестве передаточной функции управляемого элемента будем использовать упрощенный вариант соотношения, представленного уравнением

$$\frac{C(s)}{C_{чел}(s)} = \frac{\sum_{i=0}^{m} a_i s^i}{\sum_{j=0}^{n} b_j s^j}, \quad (1)$$

где параметры a_i и b_j могут принимать самые различные значения в зависимости от динамических свойств управляемого элемента.

В общем упомянутые выше исследования показывают, что передаточная функция человека-оператора имеет следующий вид:

$$\frac{C_{чел}(s)}{E(s)} = \frac{Ke^{-ts}(T_L s+1)}{(T_I s+1)(T_N s+1)} = G_{чел}(s). \quad (2)$$

Передаточная функция человека $G_{чел}(s)$ может быть разделена на три или более частей в зависимости от целей математического описания. Во-первых, время реакции оператора входит в виде времени чистого запаздывания и описывается членом e^{-ts}. В общем случае эта величина практически постоянна для простых задач с более или менее случайными входными сигналами. Инерционное звено первого порядка $(T_N s+1)$ отображает нервно-мускульную систему, хотя последняя должна описываться как дифференцирующее звено второго порядка с затуханием, поскольку в ней участвует масса. Однако практически такая аппроксимация вносит лишь весьма несущественную ошибку. Остальные члены в уравнении (2) воспроизводят процессы приспособляемости оператора согласующего свои действия с данными реальными условиями и характеристиками управляемого объекта. В этом отношении действия человека-оператора сходны с некоторыми электромеханическими самонастраивающимися системами управления, применяемыми на ряде наиболее совершенных современных реактивных летательных аппаратов. Параметры T, K, T_L, T_N и T_I изменяются в весьма широких пределах. Однако для определенной задачи и данного конкретного управляемого объекта их величина остается относительно постоянной, как только профессиональное мастерство оператора в выполнении заданных функций достигает достаточно высокого уровня. Верхний предел для постоянной времени T_I равен около 10 *сек.* Для T_L он составляет около 1 *сек.* Постоянная времени T_N звена, моделирующего нервно-мускульную систему, ограничена снизу величиной 0,1 *сек.* Время реакции T для большинства задач равно приблизительно 0,2 *сек*, хотя при определенных условиях эта величина может оказаться вдвое меньше или вдвое больше указанного значения.

В уравнении (2) использованы обозначения, соответствующие преобразованию Лапласа, широко применяемому в исследованиях линейных систем. Это означает, что здесь неприменим «принцип суперпозиции» в его обычном смысле, и чаще всего суперпозиция связана с передаточной функцией человека $G_{чел}(s)$. Однако взамен принимается «квазилинейный» характер связей в предположении, что соотношение входов и выходов человека-оператора обладает следующими свойствами (Беки [17]): а) система может быть описана линейным дифференциальным уравнением с коэффициентами, зависящими от динамики управляемого объекта и характеристик входного сигнала, но остающимися постоянными для фиксированной системы; б) выход системы определяется линейной передаточной функцией только частично: остальная часть («остаток») включает в себя случайный, или некоррелированный, выход. Однако с учетом динамических свойств управляемого объекта остатком можно пренебречь, за исключением тех случаев, когда линейная корреляция между входом и выходом относительно невелика.

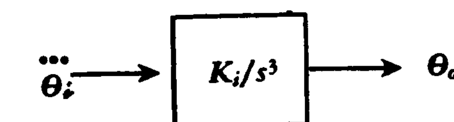
Аналоговая модель линейной части передаточной функции человека может использоваться как вспомогательное средство при предварительном конструировании системы, которая должна управляться человеком-оператором. Когда характеристики управляемого объекта определены, передаточная функция оператора может быть включена в цепь управления, и с помощью обычных методов анализа может быть рассчитана устойчивость всей системы регулирования. Общих правил для предварительного аналитического определения качества выполнения человеком требуемой задачи не существует. Однако если исследование передаточной функции показало, что система находится на границе устойчивости, то в общем случае динамика управляемого объекта и (или) порядок уравнения системы могут быть соответствующим образом изменены. Качество регулирования может быть улучшено также применением средств автоматизации. Несмотря на то что оператор является недостаточно изученным нелинейным звеном, его способность к приспособлению нередко заставляет включать его в систему для решения непредвиденных задач, с которыми не справляется автоматика.

В качестве элементарного примера рассмотрим управление простой системой третьего порядка, в которой управляемый элемент обладает простейшими динамическими характеристиками:

$$\Theta = K_i \Theta_i,$$

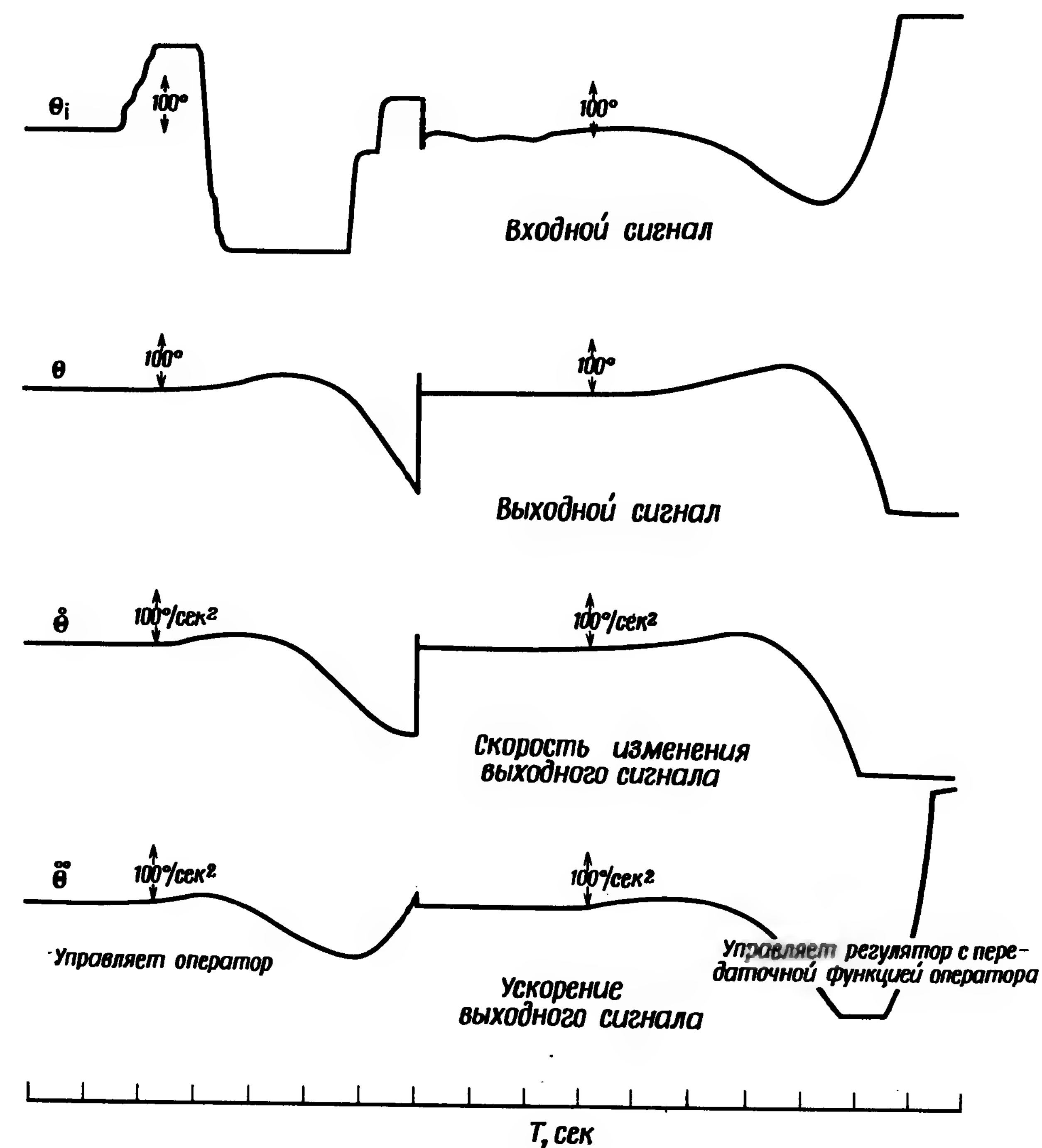
где K_i — коэффициент усиления, Θ_i — вход системы, Θ_0 — управляемый параметр.

В форме структурной схемы это может быть представлено в виде



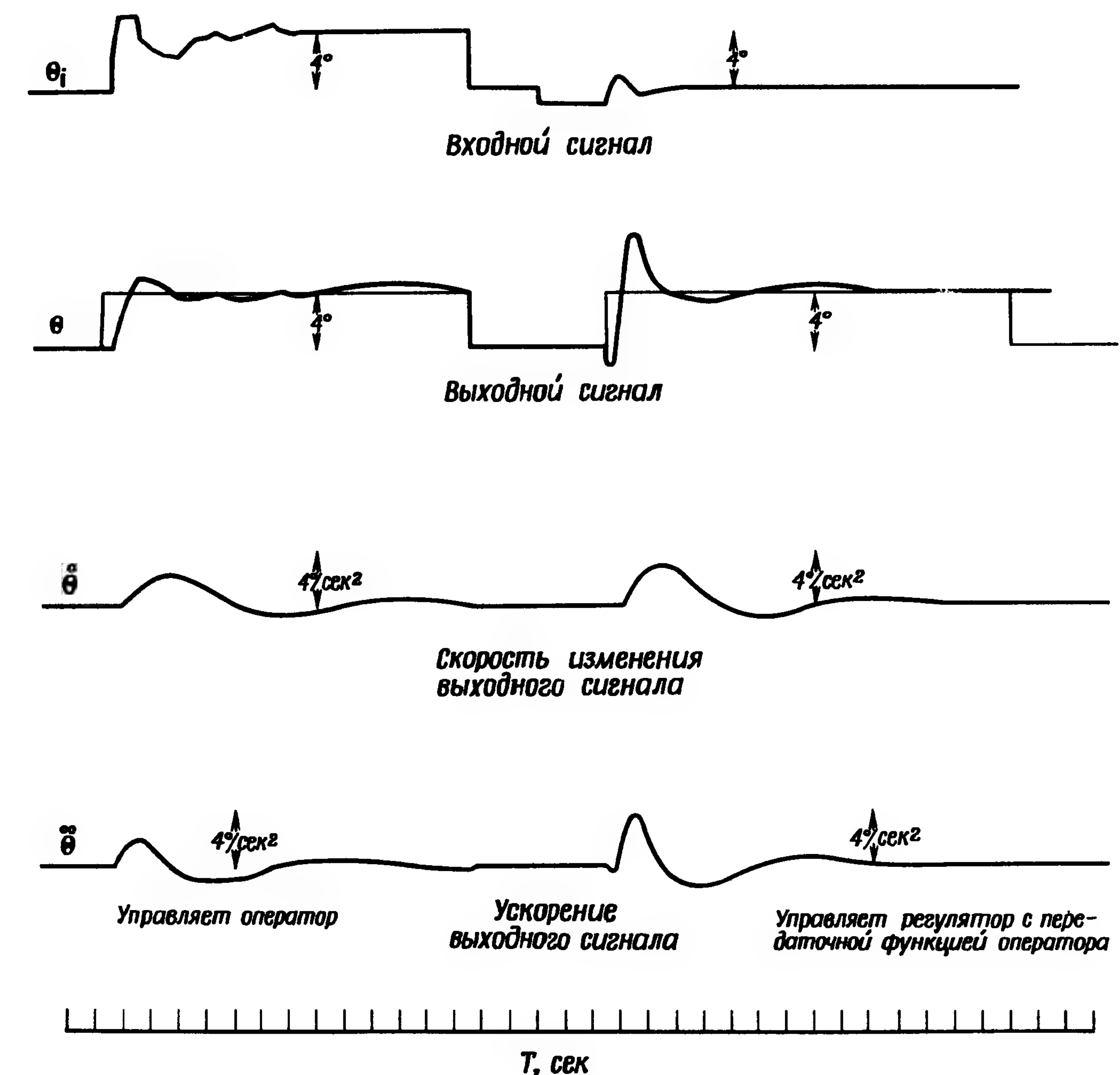
Экспериментально было установлено, что такая система обычно не может управляться человеком-оператором.

Действия реального оператора сравниваются на помещенном ниже рисунке с действием линейной системы, моделирующей передаточную функцию человека-оператора в случае простой системы третьего порядка при реакции на ступенчатое входное воздействие. Задача управления в данном случае проста: необходимо вести возможно точнее один из двух указателей прибора за другим. Заметим, что ни оператор, ни линейная модель передаточной функции человека-оператора не в состоянии удовлетворительно управлять системой. Рассогласование в системе весьма велико, несмотря на регулирующее действие человека-оператора или модели, представляющей линейную часть поведения оператора в режиме слежения.



Управление простой системой третьего порядка

Ту же самую систему можно сделать управляемой, если применить простое техническое средство — «ускоренный индикатор», на котором имеется дополнительно индикация скорости и ускорения изменения отслеживаемого параметра, а в остальном задача оператора остается в точности такой, как описано выше. Такое устройство, конечно, общеизвестно как элемент систем автоматического регулирования. На помещенном ниже рисунке показан эффект добавления параметров скорости: 1,85 *град/сек·град* и ускорения: 0,90 *град/сек²·град*. Такая система устойчива независимо от того, включается ли в ее обратную связь человек-оператор или линейная модель его поведения. Заметим, что включение модели (регулятора) с передаточной функцией человека обеспечивает более плавное регулирование, чем реальный оператор. Тем не менее и оператор без особого труда осуществляет в данном случае достаточно качественное регулирование.



Управление «ускоренной» системой третьего порядка

В несколько менее строгом смысле можно сказать, что человек имеет множество — по-видимому, бесконечное число — передаточных функций, поскольку он обнаруживает различные виды нелинейностей, а также способность в ходе решения задачи предсказывать дальнейшее изменение отслеживаемого параметра. Например, когда входной сигнал представляет собой синусоидальную волну с частотой до 1,5 *гц*, человек-оператор способен, изучив характеристики сигналов, настолько хорошо предсказывать их дальнейший ход, что может обеспечить регулирование с закрытыми глазами. Макрюр и Крендел [18] назвали эти действия человека регулированием на основе предсказания («precognative tracking»). Еще раньше Вестгеймер и Коновер [19] продемонстрировали это явление, показав, что нетренированные испытуемые могут совершать «плавные» движения глаз в отсутствие движущихся зрительных стимулов. В настоящее время в литературе еще не сформулировано четкого различия между «плавными» движениями глаз и движениями, связанными с выполнением функции слежения. Тем не менее становится очевидным, что в процессе экспериментов вход оператора должен носить случайный характер. Согласно Беки, закон суперпозиции реакций, справедливый для простых раздражителей на входе, неприменим в случае ручного регулирования.

Однако на практике для определенного класса входных сигналов и определенных задач линейный метод описания поведения человека в процессе регулирования вполне приемлем. Следующие ограничения и характеристики справедливы для большинства задач ручного регулирования, кроме самых тривиальных:

Линейные непрерывные модели поведения человека-оператора могут быть нередко построены путем измерения функций взаимной корреляции, которые описывают поведение человека в вероятностном смысле. Некоррелированная составляющая выхода обычно характеризуется как «шум», генерируемый оператором. Однако она может представлять и еще не изученную реальную компоненту нормальных действий человека-оператора. Иногда разность между реальным выходом человека и выходом модели называют остатком, который включает в себя все те особенности поведения человека-оператора в процессе регулирования, которые не могут быть воспроизведены в виде линейных уравнений (Тастин [14]). Согласно терминологии, распространенной среди специалистов по теории автоматического регулирования, сумма линейной передаточной функции и остатка может быть названа «описывающей функцией» (Элкинд [9]).

Для тренированного оператора вид передаточной функции остается постоянным в широком диапазоне изменения амплитуды входного сигнала. Таким образом, с определенными ограничениями действия человека могут быть отождествлены с линейным усилителем.

Вообще качество ручного регулирования улучшается с накоплением соответствующего опыта. Это свойство может быть названо *обучением* или *приспособлением* (адаптацией). Человек способен улавливать определенные изменения в окружающих условиях и в характеристиках управляемого объекта и вносить коррективы в свои действия, чтобы скомпенсировать эти изменения.

Ряд фактов говорит о том, что человек-оператор в определенных ситуациях ведет себя как дискретный элемент регулирования. Иными словами, он воспринимает на «входе» дискретные значения отслеживаемого параметра, хотя его собственный «выход» (моторные действия) носит непрерывный характер [17, 20]. Способность человека интерполировать и «квантовать» сигналы очень важна в процессе регулирования и слежения, так как она позволяет ему при наличии предсказуемых входных сигналов, таких, как синусоида с постоянной частотой, вести себя иначе, чем при случайных сигналах. В одной и той же ситуации оператор проявляет способность стабилизировать или изменять свою передаточную функцию, вводя один или два дополнительных фактора, в зависимости от динамических характеристик или режима работы установки, которой он управляет.

Экспериментальное и аналитическое исследование поведения оператора показывает, что человек действует подобно фильтру, пропускающему низкие частоты. Это утверждение противоречит допущению линейности; однако в пределах основного диапазона сигналов тенденция оператора подавлять высокие частоты не очень значительна.

Поведение человека в ответ на внешний стимул характеризуется временно́й задержкой, которая возникает в нервно-мускульной системе. В работах по изучению поведения оператора в процессе слежения эта задержка часто называется «транспортным запаздыванием», которое варьирует приблизительно от 0,15 *сек* для хорошо тренированного оператора при простой операции до 1 и более секунд в зависимости от сложности сигнала и характера соотношения между движением указателя индикатора и ручки органа управления.

Качество операции в значительной степени зависит от того, насколько хорошо оператору известно влияние его собственных действий на выходные параметры системы. Такая «мотивация», важная при всяком обучении, еще более существенное влияние оказывает на поведение человека при ручном регулировании.

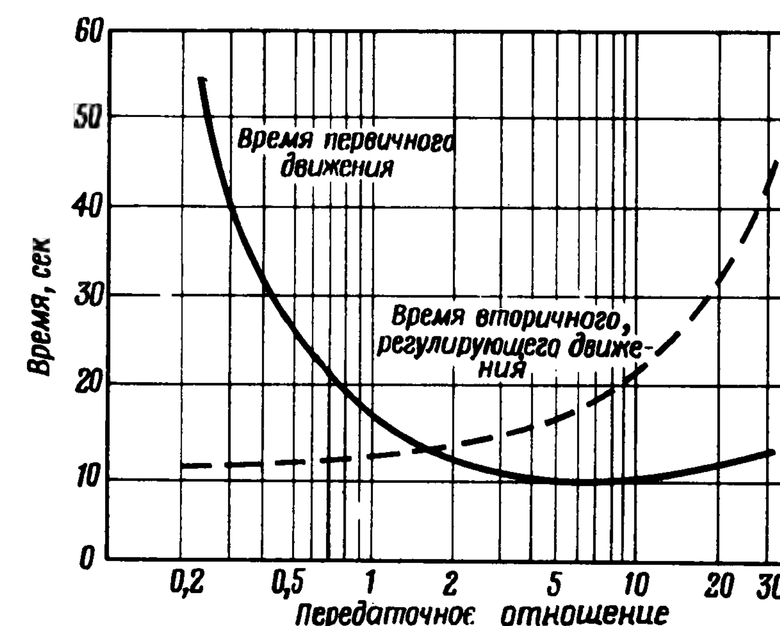
В процессе многочисленных экспериментальных исследований было установлено, что на качестве процессов ручного регулирования непосредственно отражается также степень согласованности показаний индикаторов с характером перемещения органов управления.

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ОРГАНОМ УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАТОРОМ. Метод слежения имеет преимущества перед методом компенсации в тех случаях, когда оператору в процессе регулирования необходимо учитывать информацию о скорости и ускорении отслеживаемого параметра. Однако этот вид регулирования теряет свои преимущества, если учет этих факторов не требуется. Отображение иррелевантной информации, т. е. информации, которая не нужна оператору в процессе регулирования, отрицательно влияет на его производительность. Метод слежения имеет преимущества перед методом компенсации при всех условиях, за исключением регулирования по скорости при медленно меняющихся входных возмущениях, где предпочтение должно быть отдано методу компенсации.

Черников с сотр. [21] и Тейлор и Бирмингэм [23] объясняют преимущество метода компенсации в этом случае некоторым упрощением взаимосвязи между стимулом и реакцией в процессе регулирования. Тем не менее в большинстве случаев регулирование методом слежения все же предпочтительнее. Однако, если известно, что все входы в систему относятся к ультранизкочастотному диапазону, т. е. имеют частоты от 0 до приблизительно 6 *гц*, регулирование методом компенсации может оказаться более предпочтительным.

Если оператору в процессе регулирования необходимо использовать производные входных сигналов более высокого порядка, индикатор, позволяющий вести регулирование методом слежения, является наилучшим, так как обеспечивает оператору наиболее четкую информацию. Однако в системах, где оператор должен реагировать только на амплитуду входного сигнала, индикатор, построенный по принципу компенсации, дает лучшие результаты (по Бригсу [22]).

ПЕРЕДАТОЧНОЕ ОТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ДВИЖЕНИЯМИ ОРГАНА УПРАВЛЕНИЯ И УКАЗАТЕЛЯ ИНДИКАТОРА. Соотношение между движением органа управления и движением индикатора оказывает на время, необходимое для регулирования с заданной степенью точности, большее влияние, чем такие факторы, как инерция, трение и размеры органов управления. Время грубой настройки понижается при увеличении расстояния, на которое перемещается метка на индикаторе при одном обороте органа управления. Время тонкой настройки, напротив, возрастает при увеличении расстояния, на которое смещается указатель при одном обороте органа управления. Приведенный ниже график [86] иллюстрирует эти две зависимости. Общее время настройки является минимальным, когда «передаточное отношение» (величина смещения указателя индикатора в миллиметрах при одном обороте органа управления) лежит между 25 и 50.



Это отношение является оптимальным, если требуется тонкая настройка. Если же точность окончательной настройки не столь существенна, предпочтительнее иметь более высокие передаточные отношения, допускающие более быстрое осуществление грубой настройки. Во втором случае оптимальными являются отношения, соответствующие смещению указателя примерно на 150 *мм* при одном обороте ручки настройки.

Когда для установки указателя используются рычаги, движущиеся вдоль линейной горизонтальной шкалы, оптимальными являются отношения между 1 : 4 и 1 : 3 (отношение амплитуды перемещения указателя к амплитуде перемещения конца рычага).

Для органов управления рычажного типа при точности 2,5 *мм* оптимальным отношением движения рычага к движению указателя на циферблате считается 2,5 : 1.

СЕРИЙНЫЕ ДВИЖЕНИЯ

Первоначальное движение или усилие, вызванное начальным стимулом, не может быть изменено последующим стимулом в течение по крайней мере 100 *мсек*. Было даже показано, что стимулы, следующие друг за другом в пределах 100 *мсек*, практически неразличимы. Поэтому за единичные элементы движения можно принять элементы с максимальной частотой следования 10 в секунду, поскольку такая частота является предельной. Практически, когда один стимул следует за другим через 0,5 *сек*, первый увеличивает время реакции на второй стимул.

На первый взгляд может показаться, что за период 100 *мсек* можно произвести только одно движение, однако это не так. В течение этого короткого периода времени может быть реализована серия действий, состоящая из двух и более последовательных движений. Объединение ряда последовательных движений в некое слитное целое, которое можно рассматривать как функциональную моторную единицу, является главным эффектом при обучении человека моторным навыкам. Примером может служить печатание на машинке, при котором моторные действия выражаются не в виде реакции на отдельные буквы, а в виде совокупной реакции на целые последовательности букв, воспринимаемых как единое целое. Конечно, при этом можно выделить и отдельные последовательные движения.

УСИЛИЯ, ПРИЛАГАЕМЫЕ К ОРГАНАМ УПРАВЛЕНИЯ



Здесь будут рассмотрены те усилия, которые оператор прикладывает к органам управления, а также противоположно направленные силы сопротивления органов управления. Оба аспекта рассмотрения необходимы при анализе систем управления, поскольку они тесно связаны с той проприоцептивной информацией (внутренней обратной связью), которой пользуется оператор, действуя на орган управления. Степень, в которой эти усилия могут варьировать при различном характере регулирующих движений, является поэтому, наряду с силой, скоростью и утомлением, важным фактором, ограничивающим эффективность действий оператора. Проприоцептивная обратная связь имеет также большое значение для различных стадий обучения выполнению визуально-моторных операций.

Чувствительность к различению прикладываемых усилий по своему характеру подобна большинству других видов чувствительности. Учет этого обстоятельства при конструировании органов управления может значительно повысить эффективность действий оператора. Особенности различения человеком усилий могут быть описаны следующим образом. Ошибка в различении или воспроизведении усилий относительно постоянна в широком диапазоне. Она больше для значений, близких к минимальным пороговым. Для средних и больших усилий отношение ошибки к величине усилия остается постоянным и сравнительно невелико. Абсолютная ошибка, следовательно, тем больше, чем больше прикладываемые усилия. Установлено, что для рычага управления самолетом отношение ошибки к усилию остается постоянным и небольшим, если сопротивление при повороте рычага равно или выше 4 *кг*.

Различия в чувствительности к усилиям можно компенсировать специальным устройством органов управления: 1. Когда органами управления пользуются в области плохой чувствительности, для выполнения каждой операции требуется большое изменение усилия. 2. Когда органами управления пользуются в области высокой чувствительности, можно предусматривать относительно меньшие приращения усилий для того же движения.

Можно указать на следующие наиболее общие особенности, свойственные развиваемым человеком усилиям при оперировании органами управления. Приводимые данные основаны на исследованиях Дженкинса, Фишера, Биррена и Кларка.

Точность приложения усилия рукой и ногой примерно одинакова.

К органам управления, расположенным прямо перед наблюдателем, удается прилагать максимальные усилия.

Сопротивление органа управления выше 13—18 *кг* для руки и выше 26 *кг* для ноги вызывает усталость.

Использование одних только пальцев вместо всей руки или ее части требует затраты меньшей энергии при том же общем усилии, прилагаемом к органу управления. Однако максимальные развиваемые усилия выше при использовании всей руки и плечевых мышц.

Для 25-летнего человека максимальное усилие при захвате кистью равно приблизительно 56 *кг*, для 60-летнего человека оно равно приблизительно 46 *кг*. Правая рука может в среднем развить усилие на 4 *кг* больше, чем левая. Органы управления не должны рассчитываться на приложение максимальных усилий (см. стр. 5-36).

Количество расходуемой человеком энергии определяется положением тела и органов, развивающих данное усилие, а также направлением прилагаемого усилия и конструкцией органов управления.

СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

Важность этого вопроса особенно обнаружилась при полетах со сверхзвуковой скоростью. В общем справедливы следующие утверждения:

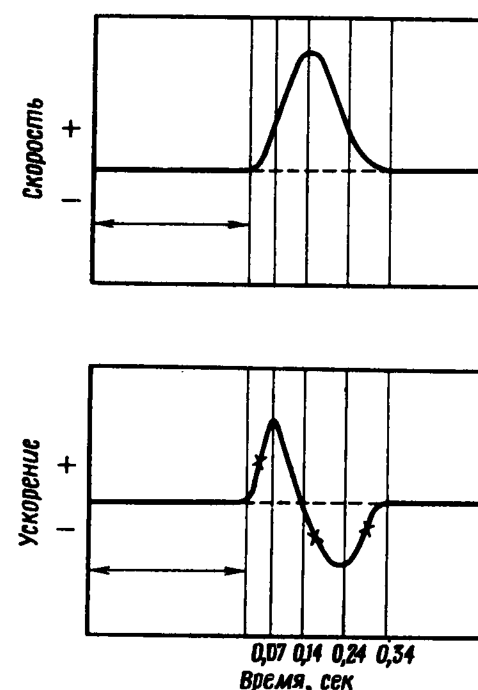
Горизонтальные движения выполняются рукой быстрее, чем вертикальные. Непрерывные движения по плавной кривой осуществляются быстрее, чем движения, характеризующиеся резкими изменениями направления.

Время, необходимое для того, чтобы начать или прекратить движение, остается примерно одинаковым при различных амплитудах движения.

Максимальная скорость движения обратно пропорциональна нагрузке.

Время, необходимое для достижения максимальной скорости, прямо пропорционально нагрузке.

Применение дополнительных «стимулирующих» сигналов может способствовать повышению скорости простой реакции.



Помещенная рядом иллюстрация показывает типичные графики изменения скорости и ускорения при перемещении рычага управления на 230 *мм* в процессе слежения за точкой на экране, положение которой изменяется скачком в горизонтальном направлении [23]. Скорость всегда положительна (относительно направления движения), на протяжении первых 0,14 *сек* она увеличивается, а затем уменьшается. Ускорение в направлении движения положительно в течение первых 0,14 *сек.* Оно достигает максимума в конце первых 0,07 *сек,* затем скорость продолжает расти, но все более медленно, пока ускорение при 0,14 *сек* не становится равным нулю. После 0,14 *сек* ускорение становится отрицательным, т. е. в направлении, противоположном движению, появляется тормозящая сила, которая достигает максимума при 0,24 *сек.* После этого отрицательное ускорение постепенно падает (т. е. тормозящая сила постепенно уменьшается), что продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто конечное положение. Это происходит через 0,34 *сек* после начала движения. Точки наиболее быстрых изменений ускорения (рывки) отмечены на кривой крестиками. Двусторонняя стрелка указывает время реакции.

принципы экономии движения

Легкость, быстрота и точность ручных операций могут быть увеличены применением принципов экономии движения. Некоторые из них перечислены ниже в том виде, в каком они были сформулированы в работах [24—26].

Обе руки должны начинать и заканчивать движение одновременно.

Руки не должны бездействовать, кроме как в периоды отдыха.

Движения рук должны производиться одновременно в противоположных и симметричных направлениях.

Наилучшей при выполнении данного задания является такая последовательность действий, которая содержит наименьшее число элементарных движений.

Руки следует освобождать от всякой работы, которая может быть более успешно выполнена ногами или другими частями тела.

Всюду, где это возможно, объект работы должен закрепляться с помощью зажимных приспособлений, чтобы руки были свободны для выполнения операций

Инструменты, материалы и органы управления должны быть расположены дугой вокруг рабочего места, как можно ближе к рабочему.

Инструменты и материалы должны заранее располагаться на определенных местах, чтобы исключить излишний поиск и выбор.

Два или несколько инструментов следует по возможности сочетать в одном, комбинированном.

Полезно выбирать высоту рабочего стола и сидения, а также их конструкцию таким образом, чтобы можно было легко переходить из рабочего положения сидя в рабочее положение стоя.

Непрерывные криволинейные движения предпочтительнее прямолинейных, включающих резкие изменения направления.

Свободные, ненапряженные движения производятся быстрее, легче и точнее, чем вынужденные движения, определяемые внешними ограничениями.

Ритм весьма существен для плавного и автоматического выполнения любой операции, поэтому работа должна организовываться так, чтобы ритм рабочих операций был по возможности четким и естественным.

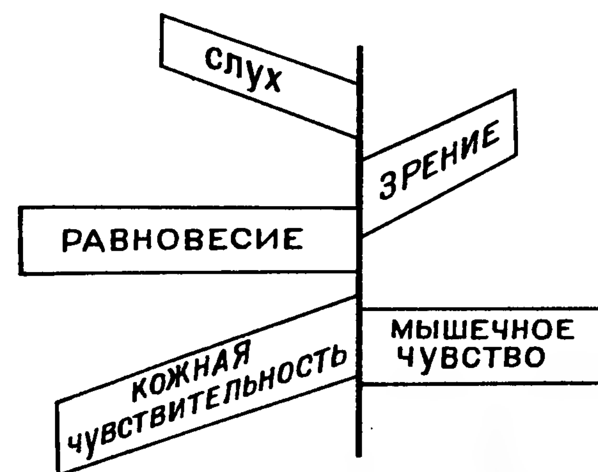
Последовательные движения должны строиться так, чтобы одно движение легко переходило в другое и каждое из них заканчивалось в положении, удобном для начала следующего движения.

Движение менее утомительно, если оно происходит в направлении, в котором возможно максимальное использование силы тяжести.

Когда требуется сильный удар, движения рабочего и размещение материала должны быть такими, чтобы удар по возможности последовал в момент, когда количество движения достигло максимальной величины. Наоборот, количество движения, преодолеваемое мускульным усилием рабочего, должно быть сведено к минимуму.

Резкие колебания скорости, а также небольшие перерывы в движении должны быть проанализированы, чтобы выявить их причины и по возможности исключить их.

Если выяснено, что определенная последовательность движений является наиболее эффективной с точки зрения производительности труда, то при обучении рабочей операции необходимо с самого начала придерживаться именно этой последовательности. Другими словами, делайте упор не столько на точность, сколько на правильное построение движений, даже если на первых порах это приведет к худшим показателям при обучении рабочим приемам.



ОРИЕНТИРОВКА

Мы достигаем ориентировки и равновесия в окружающем мире благодаря сочетанию зрительной и слуховой информации, т. е. благодаря данным, получаемым через полукружные каналы, кинестетические и кожные ощущения и т. д. Например, мы можем точно судить об отклонении от вертикали, когда ось зрительного поля совпадает с нормальным направлением действия гравитационнных сил на специальные рецепторы (стр. 6-11) в полукружных каналах. Практически в любых условиях наблюдается некоторая нестабильность ориентировки человека. Ненормальные или противоречивые условия делают эту нестабильность еще более заметной и иногда обусловливают серьезные ошибки.

колебания тела

Человеческое тело никогда не находится в состоянии абсолютного покоя, а в зависимости от его положения колеблется с определенной амплитудой во всех направлениях, при этом вперед и назад тело колеблется на 50—70% сильнее, чем в стороны. Амплитуда колебаний не зависит от высоты и веса человека, но возрастает с увеличением напряжения мышц его тела. Непосредственной связи между амплитудой колебаний тела в устойчивом положении (статическое равновесие) и способностью сохранять равновесие при неустойчивых положениях тела (динамическое равновесие), как правило, не наблюдается. Для этих двух видов равновесия большое значение имеет зрительное восприятие, о чем свидетельствует тот факт, что колебания тела значительно возрастают, когда человек стоит с закрытыми глазами.

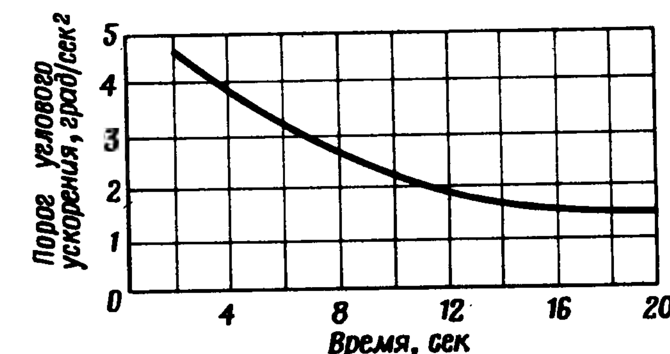
чувствительность к движению

Пороги чувствительности к движению тела (вызываемому внешней силой) сильно зависят от работы механизма полукружных каналов, который чувствителен только к ускорению. Порог чувствительности к ускорению изменяется обратно пропорционально времени, в продолжение которого действует ускорение. Восприятие кинестетических стимулов, а также вибрации и давления происходит, когда человеческое тело или его части приходят в движение, и зависит от соотношения уровня стимулов и порогов чувствительности лабиринта. На следующей странице приведены значения порогов для различных видов ускорения.

ЛИНЕЙНОЕ УСКОРЕНИЕ:

вертикальное 4—12 *см/сек²*,
горизонтальное 12—20 *см/сек²*.

УГЛОВОЕ УСКОРЕНИЕ →



меняется в соответствии с приведенным рядом графиком.

Для обычных условий полета порог равен примерно 1—2 *град/сек²*. Однако отмечены и случаи меньших значений порога.

рефлекторные движения глаз (нистагм)



Важным проявлением взаимной зависимости между зрением и слуховым лабиринтом является рефлекторное движение глаз, сопровождающее вращение или другое изменение положения тела. Это рефлекторное движение глаз называется нистагмом. Его медленная фаза является непосредственным результатом стимуляции со стороны лабиринта. Нистагм имеет место независимо от того, открыты ли глаза или закрыты, и происходит в плоскости вращения тела. Это движение состоит в медленном и плавном повороте глаз, прерываемом саккадическими движениями в противоположном направлении. Обычно медленные движения глаз, перемежающиеся быстрыми противоположными движениями, происходят по следующей схеме.

При повороте человека, например, направо, — до того, как установится постоянная скорость вращения, — движения глаз проходят последовательно ряд фаз:

1. Компенсирующие движения глаз влево через 50—80 *мсек* после начала вращения.

2. Движение глаз вправо после прекращения движения тела. Это движение называется «послевращательным нистагмом».

3. Движение глаз влево, после того как движение, описанное в п. 2, прекратилось. Это движение называется «обратным нистагмом» [27].

Движение глаз может не включать всех перечисленных фаз, если период вращения занимает меньше 10 *мин*. Если вращение тела прекращается прежде, чем завершились все фазы, реакция на потерю ускорения алгебраически складывается с первоначальной реакцией и таким образом усиливает или ослабляет ее в той или иной степени в зависимости от интервала времени между началом и прекращением движения. Большинство работ по изучению нистагма проведено именно в таких условиях, так что третья фаза обычно не наблюдалась.

Имеются данные, свидетельствующие о наличии почти линейной зависимости между продолжительностью ускорения (потребление энергии лабиринтом) и скоростью послевращательного нистагма (отдача энергии органом зрения).

иллюзии, связанные с движением

Из сказанного следует, что многие иллюзии, возникающие в связи с движением тела, объясняются, по крайней мере отчасти, вестибулярной активацией рефлекторных нистагматических движений глаз. Некоторые иллюзии, обусловленные движением тела, включая и такие, которые первоначально не связаны с нистагматическими движениями глаз, приведены в помещенной ниже таблице. Они наблюдаются не у всех людей и могут быть не одинаково сильно выражены.

СОСТОЯНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЯ	СОСТОЯНИЕ ВИЗУАЛЬНОГО СТИМУЛА (ОБЪЕКТА)	ХАРАКТЕР ИЛЛЮЗИИ
Начинает двигаться	Неподвижен	Наблюдатель видит объект движущимся в противоположном направлении, считая, что сам он находится в состоянии покоя
Неподвижен	Начинает двигаться	Наблюдатель видит объект покоящимся, считая, что он начал двигаться сам
Ускоренное вращение до 15 *об/мин*; затемненная комната, освещен только объект	Медленное вращение вокруг головы наблюдателя в направлении его ускорения	* Объект теряет движение и смещается в направлении, противоположном его фактическому движению
Указанное вращение продолжается с постоянной скоростью 15 *об/мин*	Как и выше	* Наблюдатель теряет ощущение собственного движения; объект кажется движущимся в противоположном направлении с большей, чем прежде, скоростью
Сильное вращение внезапно прекращается	Неподвижен	* Сначала и объект и сам наблюдатель кажутся движущимися. Затем наблюдателю кажется, что он неподвижен, а объект вращается вокруг него в направлении, противоположном первоначальному движению наблюдателя. Эта иллюзия называется *глазодвигательной иллюзией*. После того как кажущееся движение прекращается, человек испытывает неприятное ощущение

* Когда эксперименты проводятся в светлой комнате, последние три иллюзии не наблюдаются.

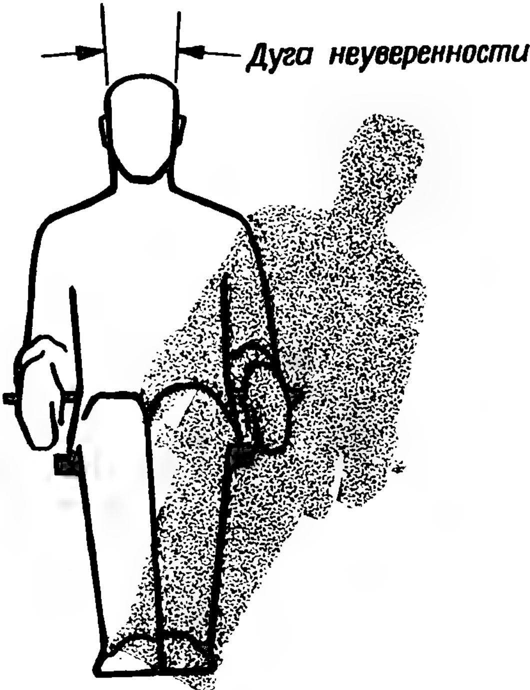
восприятие вертикального направления

Восприятие вертикального направления, т. е. направления действия естественных гравитационных сил, и восприятие положения человека относительно вертикали являются важными факторами в ориентировке человека в пространстве. Как и в случае восприятий других модальностей, точность восприятия вертикали хотя и высока, но все же ограничена, особенно при неблагоприятных условиях. Как зрительное восприятие вертикали, так и определение вертикального положения тела осуществляются совместным действием визуальных стимулов и гравитационных сил. Визуальные стимулы, влияющие на суждение о вертикали, возникают как следствие совпадения или несовпадения зрительного поля и его главных линий с истинным вертикальным направлением. Гравитационная сила, действующая на тело, представляет собой геометрическую сумму приложенных к нему сил ускорения и естественной гравитации. Эта результирующая сила оказывает значительное влияние на нашу ориентировку и (или) восприятие вертикали, совпадающей с направлением действия результирующей гравитационной силы.

ОЩУЩЕНИЕ НАКЛОНА ТЕЛА

Минимально обнаружимый угол наклона тела в любом направлении был исследован на группе пилотов. Оказалось, что он колеблется для различных людей между 1 и 14°. Средний порог лежал между 2 и 3°, причем порог обнаружения наклона назад был приблизительно на 0,5° выше порогов обнаружения наклонов в других направлениях. Без зрительного контроля наклоны самолета на 10—15° могут и не обнаруживаться человеком в полете [28].

Лабораторные испытания [29], в которых использовалось кресло с наклоном, регулируемым экспериментатором или самим испытуемым, показали более высокую чувствительность человека к наклонам, чем в условиях полета. Вертикальное положение тела хорошо определяется даже без зрительной информации. Когда испытуемых, сидящих с завязанными глазами в положении под углом от 5 до 90° влево или вправо от вертикали, просили занять вертикальное положение, они делали ошибки в среднем на 0,8°. Как правило, эти отклонения от вертикали были в направлении первоначального наклона. При приближении исходного положения испытуемых к вертикали суждения об истинной вертикали были очень неуверенными. В 75% случаев установок кресла в описанном выше эксперименте среднее положение оказалось в пределах 4,4°. Эта 75%-ная область была названа «дугой неуверенности».



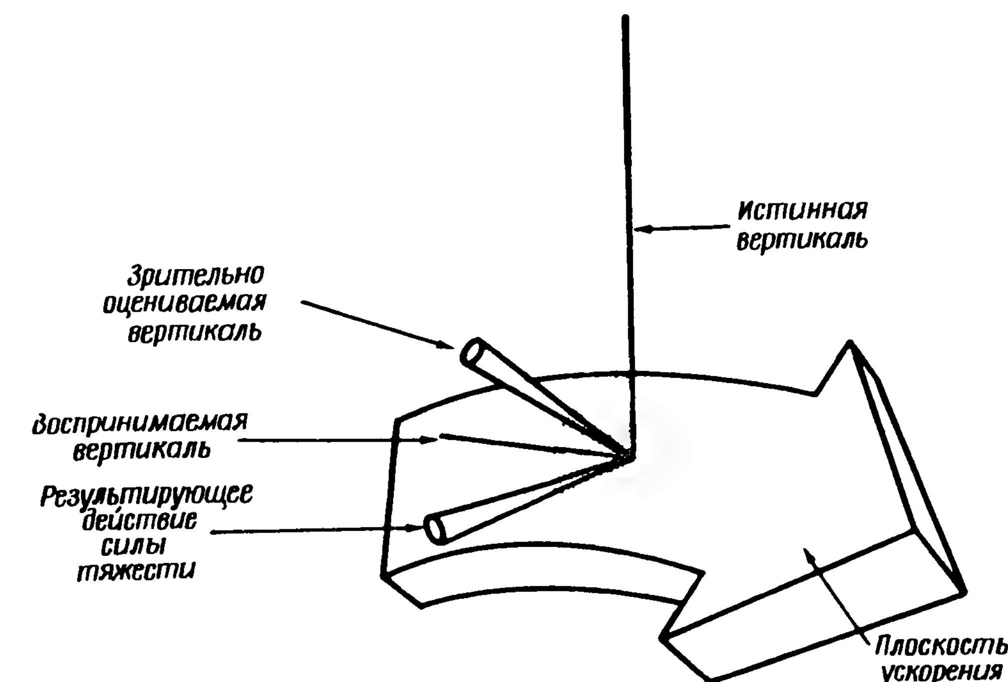
Если экспериментатор сам управлял движением кресла и просил испытуемых подавать сигнал, когда они, по их мнению, достигали вертикального положения, ошибка составляла 2,4° при дуге неуверенности 7,4°, т. е. ошибка возрастала по сравнению с случаем, когда испытуемые сами управляли своим креслом. При применении сидения из пенопласта, исключавшего возможность ориентироваться по изменениям давления, дуга неуверенности слегка увеличилась, но постоянная ошибка в суждении о направлении начального наклона сохранилась. Наклон головы на точность суждения не влиял.

Было обнаружено, что в полете визуальное определение наклона крыла осуществляется более точно, чем наклона носа [30]. Наклон начинает ощущаться через 7,5 *сек* после его появления. Кроме того, в полете ощущение наклона исчезает, прежде чем самолет примет нормальное горизонтальное положение. Последнее является следствием адаптации, которая проявляется также и в опытах с наклонным креслом. В этих экспериментах требуется минимум 10 *сек* для того, чтобы возник эффект адаптации. Чем дольше человека держат в наклонном положении после этого периода, тем меньше он ощущает себя в положении, отклоненном от истинно вертикального. Это явление вызывает значительные неприятности в авиации.

ЗРИТЕЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ НАКЛОНА

Зрительное определение отклонения данного направления от вертикали (например, при установке стержня в вертикальное положение) выполняется человеком с некоторой ограниченной точностью. Точность в существенной степени определяется положением объекта по отношению к главным линиям зрительного поля (вертикалям и горизонталям, проведенным через ось зрения), а также формой зрительного поля. Обнаружено, что постоянная ошибка визуального определения вертикали равна 0,2° [31]. Сказанное в основном верно и для случая определения отклонения данного направления от горизонтали. Явление адаптации имеет место при определении как отклонения положения наблюдаемых объектов от вертикали и горизонтали, так и отклонения тела. Например, продолжительное наблюдение наклонных линий (исключая наклон под углом 45°) приводит к тому, что их наклон кажется меньше. Адаптация при восприятии наклона к вертикали сопровождается, хотя и в меньшей степени, адаптацией к отклонению от горизонтали, и наоборот.

Ярким примером влияния формы границ (обрамления) зрительного поля на визуальную ориентировку может служить искажение видимой формы взлетно-посадочной полосы при восприятии ее из окна только что приземлившегося самолета. Если человек находится достаточно далеко от окна, так что рама образует обрамление полосы, последняя может показаться наклоненной в направлении, противоположном наклону окна самолета.



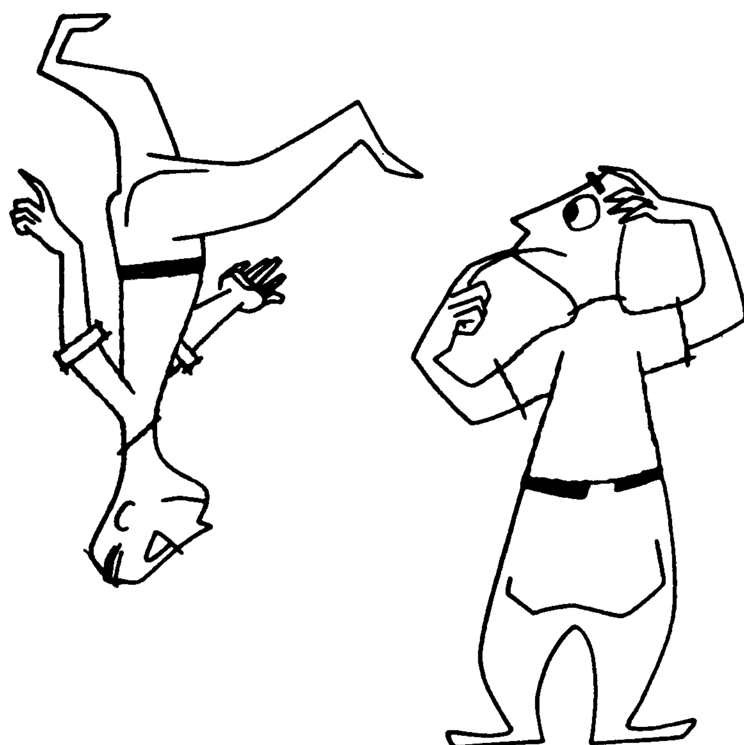
ПРОТИВОРЕЧИЯ МЕЖДУ ЗРИТЕЛЬНОЙ И ГРАВИТАЦИОННОЙ ОРИЕНТИРОВКОЙ

На визуальную ориентировку и на ощущение наклона тела влияют как обрамление зрительного поля, так и результирующие гравитационные силы. Нередко возникают противоречия между зрительно воспринимаемой информацией о положении человека и ощущением направления действия гравитационных сил. Можно с уверенностью сказать, что суждения человека в подобных случаях представляют собой некоторый компромисс. Рассмотрим, например, случай, когда самолет летит в условиях нулевой видимости и имеет угловое ускорение, при котором результирующая гравитационная сила действует на тело пилота под углом 45° к вертикали. Поскольку пилот находится в нормальном положении по отношению к кабине и ко всем окружающим предметам, зрительно пилот наклона тела не воспринимает. Таким образом, информация, поступающая по двум каналам, не совпадает. В этом случае человек считает, что вертикаль находится где-то между 90 и 45°, причем ближе к 45°, поскольку направление действия сил тяготения играет более существенную роль при определении вертикального направления.

На иллюстрации показано положение пилота, при котором его ориентация относительно земли нарушена. Это часто приводит к ощущению головокружения. Установка визуальных индикаторов, которые показывают истинное положение самолета, и обучение пилота пользованию этими приборами позволяют исключить такие действия пилота, которые он мог бы предпринять на основе ошибочной ориентировки. Однако физиологические последствия больших перегрузок, пожалуй, намного серьезнее.

32 Заказ № 492

Невесомость



С наступлением эры пилотируемых космических кораблей и космических станций возникла необходимость изучения специфических условий среды, где отсутствует сила тяжести. Такая среда оказывает весьма существенное влияние на сенсомоторные реакции человека, однако накопленный опыт показывает, что ее вредное влияние можно преодолеть.

Амплитуда движений тела при отсутствии сил гравитации значительно возрастает. Однако,если обеспечены правильная визуальная индикация и соответствующее закрепление тела, этого обычно достаточно, чтобы исключить всякие серьезные осложнения. Другие, менее серьезные проблемы, такие, как подача еды или питья или размещение незакрепленных предметов в кабине, можно легко разрешить методами рационального конструирования.

Большого внимания требуют проблемы физиологического равновесия при длительном пребывании в условиях невесомости. Например, хотя путем соответствующей тренировки может быть достигнут баланс между потреблением пищи и расходом энергии, нормальная работа различных систем организма человека нередко нарушается. Пониженная подвижность (гиподинамия) космонавта может привести к появлению пролежней, ухудшению работы суставов, подобно тому, как это бывает при долгом лежании больного в постели. Эти условия могут сильно ослабить организм человека, так что он не будет в состоянии перенести действие резкого торможения и, следовательно, перегрузок при возвращении на Землю.

Обеспечение нормальных атмосферных условий и правильно спланированный режим питания и физических упражнений позволяют поддерживать хорошее состояние экипажа, работающего в условиях невесомости.

Некоторые люди особенно восприимчивы к воздействию невесомости и легко заболевают при этом морской болезнью. Поэтому необходимо отбирать людей с природным иммунитетом к этим факторам космических полетов. Кроме того, следует заблаговременно приучать членов экипажа к пребыванию в таких условиях. Вообще говоря, человек способен удовлетворительно переносить условия невесомости, если приняты меры предосторожности, которые приведены в этом и других разделах настоящего справочника.

Максимальная устойчивость человека при повороте рукоятки в условиях невесомости достигается, если ось тела находится под прямым углом к оси вращения.

Рукоятка должна находиться в пределах нормальной рабочей зоны, чтобы человек мог достать ее, не меняя своего положения.

Направление захвата рукой должно быть как можно более параллельно к воображаемой линии, соединяющей среднюю точку захвата с точкой приложения усилия человеком. Захват рукой никогда не должен быть перпендикулярен к этой линии.

Ручки и рычаги не должны требовать вращающих моментов больше 1 *кгм*. Вращающее усилие, конечно, зависит от расстояния от точки захвата рукой до точки приложения силы. Указанные ограничения справедливы, если усилие прикладывается в течение более 3 *сек*.

Во многих случаях для выполнения задания лучше использовать усилия большей величины и небольшой продолжительности, чем усилия меньшей величины и большей продолжительности. При этом человек легче сохраняет равновесие.

Наилучшими для ухода за оборудованием являются специальные инструменты, которые захватывают объекты и не требуют постоянного приложения усилия *.

---

* Данные на этой странице взяты из работы [32].

ГОТОВНОСТЬ

Готовность, или бдительность, человека зависит от многих факторов. Учитывая роль оператора в системе управления, конструкторам оборудования следует уделять серьезное внимание принятию мер по ее повышению. Важно при конструировании предусмотреть такое окружение, которое будет создавать минимальную вероятность снижения уровня готовности оператора в условиях, когда его активное, бодрствующее состояние не поддерживается его собственной деятельностью и действиями окружающих людей. Бергам и Клейн [33] предлагают придерживаться следующих принципов:

Конструируйте систему так, чтобы оператор не работал в изоляции от других людей.

Создавайте оптимальную среду в отношении шума, температуры, влажности, освещения, вибраций и т. д.

Используйте сигналы большой величины — по размеру, интенсивности, продолжительности и т. д.

Ограничивайте зону появления сигналов.

Если сигналы появляются не часто, т. е. менее 20 сигналов в час, предусматривайте искусственные сигналы в периоды, когда долго нет действительных сигналов *.

Предусматривайте там, где это возможно, предваряющие сигналы.

Предусматривайте средства, подтверждающие обнаружение сигнала, чтобы оператор был уверен в надежности своего вывода о наличии или отсутствии сигнала.

Где это возможно, сигналы должны действовать до тех пор, пока их увидят или услышат.

Непрерывная операция, требующая высокой бдительности к редким сигналам, не должна длиться более 30 *мин*. Небольшой перерыв, скажем для простого сообщения, повысит уровень готовности оператора.

По возможности не создавайте затемнения в помещении, где требуется исключительная бдительность со стороны оператора. Освещение, как и любые другие стимулы, важно для сохранения готовности. С другой стороны, не допускайте и наличия постоянно действующих монотонных раздражителей, убаюкивающих оператора, например пульсирующего шума или вибрации.

* Этот метод не всегда обеспечивает желаемый эффект: при частой подаче индифферентных раздражителей (т. е. сигналов, не требующих активной ответной реакции) бдительность оператора может, напротив, понизиться. — *Прим. ред.*

МАКСИМАЛЬНЫЕ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ, ПРИНИМАЕМОЙ ЧЕЛОВЕКОМ С ПОМОЩЬЮ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНОВ ЧУВСТВ [34—42]

Модальность воспринимаемого сигнала	Характеристика	Максимальная скорость, *бит/сек*
Зрительный	Длина линии	3,25
	Площадь	2,7
	Направление линии	3,3
	Кривизна линии	2,2
	Цвет	3,1
	Яркость	3,3
Слуховой	Громкость	2,3
	Высота	2,5
Вкусовой	Соленость	1,3
Тактильный	Интенсивность	2,0
	Продолжительность	2,3
	Расположение на теле	2,8
Обонятельный	Интенсивность	1,53
Многомерные сигналы		
Зрительный	Точка в квадрате	4,4
	Размер, яркость и цвет (все соотнесено)	4,1
Слуховой	Высота и громкость	3,1
	Высота, громкость, частота прерывания, относительное время включения, продолжительность, пространственное расположение	7,2
Вкусовой	Соленость и сладкость	2,3

NataHaus

„КОСМИЧЕСКАЯ БЛИЗОРУКОСТЬ"

При пребывании человека в космическом пространстве глаз имеет тенденцию аккомодироваться на расстояние около 6 *м* перед наблюдателем. Это происходит потому, что отсутствуют предметы, на которых мог бы фокусироваться взгляд. Пространство за пределами 6 *м* при этом оказывается вне фокуса и не воспринимается человеком. Это явление наблюдается на очень больших высотах и может стать серьезной проблемой, если пилоту или космонавту необходимо обнаруживать в космосе различные объекты. В пределах земной атмосферы космонавт может проверить зрение по различным объектам или по облакам, в космосе же у него нет средств определить, фокусируются ли его глаза на 6 *м* или на бесконечность [43]. Это явление и получило название «космической близорукости».

Удаленные объекты должны обнаруживаться электронными приборами. После того как они обнаружены, может быть использовано зрение человека: сначала через оптические системы, а затем непосредственным наблюдением.

КОСМИЧЕСКАЯ ВИДИМОСТЬ

Кроме «космической близорукости» космическая среда создает еще одну трудность: очень высокий яркостный контраст из-за отсутствия рассеивающей свет атмосферы. В космическом пространстве видны только те части объектов, которые прямо отражают солнечный свет. Любая затененная часть объекта не будет видна наблюдателю. Чтобы видеть объекты, погруженные в тень Земли или других планет, необходимы прожекторы. Космические корабли, которые могут встречаться с другими в космосе или работать в непосредственной близости от них, должны иметь опознавательные огни, подобные тем, которые применяются на самолетах.

литература

0. WWW.INFANATA.ORG
1. *Boring E. G.*, et al., Foundations of Psychology, Wiley, 1948, p. 361.
2. *Fulton J. F.*, Physiology of the Nervous System, Oxford Univ. Press, 1938, p. 8.
3. *Boring E. G.* et al.. Introduction to Psychology, Wiley, 1939, pp. 622—623.
4. *Breeze R. K.*, Space Vehicle Environmental Control Requirements Based on Equipment and Physiological Criteria (North Am. Aviation, Inc., Aerospace Systems Div., Tech. Rep. № 61-161, pt. 1), Dec. 1961.
5. *Morgan C. T.*, Physiological Psychology, McGraw-Hill, 1943, p. 48.
6. *Fitts P. M.*, *Crannell C.*, Location Discrimination. II. Accuracy of Reaching Movements to Twenty-four Different Areas (Air Force. Air Materiel Command, Tech, Rep. № 5833), 1950.
7. *Chapanis A.* et al., Applied Experimental Psychology, Wiley, 1949; (a) p. 281; (b) p. 286.
8. *Fitts P. M.*, „Engineering Psychology and Equipment Design", см. Stevens S. S. (ed.), Handbook of Experimental Psychology, Wiley, 1951; (a), p. 1330; (b) p. 1325.
9. *Elkind J. I.*, Characteristics of Simple Manual Control Systems (Massachusetts Inst. Tech., Lincoln Lab., Tech. Rep. № 111), April 1956.
10. *Roggazini J. R.*, „Engineering Aspects of the Human Being as a Servo-Mechanism", Unpublished paper presented at Am. Psycholog. Association meeting, 1948.
11. *Searle L. V.*, *Taylor F. V.*, „Studies of Tracking Behavior. I. Rate and Time Characteristics of Simple Corrective Movements", *J. Exp. Psychol.*, 38, 615—631 (1948)
12. *Craik K. J. W.*, „Theory of the Human Operator in Control Systems. I. The Operator as an Engineering System", *Brit J. Psychol.*, 38 (1947).
13. *Hick W. E.* „The Discontinuous Functioning of the Human Operator in Pursuit Tasks", *Quarterly J. Exp. Psychol.*, 1, 36—51 (1948).
14. *Tustin A.*, „The Nature of the Operator's Response in Manual Control and Its Implications for Controller Design", *J. Inst. Electr. Eng.* (British), 94, 11 A (1947).
15. *Senders J. W.*, Survey of Human Dynamics Data and a Sample Application (Air Force. Wright Air Development Center, Tech. Rep. № 59-712), Nov. 1959.
16. *Diamantides N. D.*, „Man as a Link in the Control Loop", Electro-Technology. Jan. 1962.
17. *Bekey G. A.*, An Investigation of Sampled Data Models of the Human Operator in a Control System (Air Force. Flight Controls Lab., Air Force Systems Command, Tech Docum. Rep. № ASD-TDR 62-36). Febr. 1962.
18. *McRuer D.*, *Krendel E.*, Dynamic Response of Human Operators (Air Force. Wright Air Development Center, Tech. Rep. № 56-524), Oct. 1957.
19. *Westheimer G.*, *Conover D.*, „Smooth Eye Movements in the Absence of a Moving Visual Stimulus", *J. Exp. Psychol*, 47, № 4 (1954).
20. *Noble M.* et al., „The Frequency Response of Skilled Subjects in a Pursuit Tracking Task", *J. Exp. Psychol.*, 49 (1955).
21. *Chernikoff R.* et al., „ A Comparison of Pursuit and Compensatory Tracking under Conditions of Aiding and No Aiding", *J. Exp. Psychol.*, 49 (1955).
22 *Briggs G. E.*, Pursuit and Compensatory Modes of Information Display: A Review (Air Force. Air Materiel Command, Aero Medical Research Lab., Tech. Docum. Rep. № 62-93), Aug. 1962.
23. *Taylor F. V.*, *Birmingham H. P.*, „Studies of Tracking Behavior. II. The Acceleration Pattern of Quick Manual Corrective Responses", *J. Exp. Psychol.*, 38, № 6, 786 (1948).
24. *Barnes R. M.*, Motion and Time Study, 3d ed., Wiley, 1949, p. 144.
5. *Hartson L. D.*, „Contrasting Approaches to the Analysis of Skilled Movements", *J. General Psychol.*, 20, 265, 268, 269 (1939).
26. Tufts College Institute for Applied Experimental Psychology, Handbook of Human Engineering Data for Design Engineers (Tech. Rep. SDC 199-1-1), 1 Dec. 1949, Part 6, Chap. 4, sec. 1, p. 1.

27. *Wendt G. R.*, „Vestibular Functions", см. Stevens, S. S. (ed.), Handbook of Experimental Psychology, Wiley, 1951, pp. 1199—1200.

28. *McFarland R. A.*, Human Factors in Air Transport Design, McGraw-Hill, 1946, pp. 360—362.

29. *Mann C. W.* et al., „The Perception of the Vertical. I. Visual and Non-Labyrinthine Gues", *J. Exp. Psychol.*, 39, № 4, 538—547 (Aug. 1949).

30. *Jones R. E.* et al., Investigation of Errors Made by Pilots in Judging the Attitude of an Aircraft without the Aid of Vision (Air Force. Air Materiel Command, Aero Medical Lab., Mem. Rep. № TSEAA-694-13), 1947.

31. *Passey G. E.*, Perception of the Vertical. VI. Adjustment to the Vertical with Normal and Tilted Visual Frames of Reference, U. S. Naval School of Aviation Medicine Research and Tulone Univ., Joint Rep. № 10, 1949.

32. *Dzendolet E.*, *Rievley J. F.*, Man's Ability to Apply Certain Torques while Weightless (Air Force. Wright Air Development Center, Tech. Rep. № 59-94), April 1959.

33. *Bergum B. O.*, *Klein I. C.*, A Survey and Analysis of Vigilance Research, Unpublished working paper, U. S. Army Air Defense, Human Research Unit, Fort Bliss, Texas, Dec. 1960.

34. *Hake W. W.*, *Garner W. R.*, „The Effect of Presenting Various Numbers of Discrete Steps on Scale and Scale Reading Accuracy", *J. Exp. Psychol.*, 41, 358—366 (1951).

35. *Miller G. A.*, „The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information", *Psychol. Rev.*, 63, 81—97 (1956.)

36. *Eriksen C. W.*, *Hake H. W.*, „Multidimensional Stimulus Differences and Accuracy of Discrimination", *J. Exp. Psychol.*, 50, 153—160 (1955).

37. *Garner W. R.*, „An Informational Analysis of Absolute Judgment of Loudness", Exp. Psychol., 46, 373—380 (1953).

38. *Pollack I.*, „The Information of Elementary Auditory Displays", *J. Acoust. Soc. Am.*, 14 (1952).

39. *Beebe-Center J. G.* et al. „Transmission of Information about Sucrose and Saline Solution through the Sense of Taste", *J. Psychol.*, 39, 157—160 (1955).

40. *Engen T.*, *Pfaffmann C.*, „Absolute Judgment of Odor Intensity", *J. Exp. Psychol.*, 58, 23—36 (1959).

41. *Klemmer E. T.*, *Frick F. C.*, „Assimilation of Information from Dot and Matrix Patterns", *J. Exp. Psychol.*, 45, 15—19 (1953).

42. *Pollack I.*, *Fitts L.*, „Information of Multidimensional Auditory Displays", *J. Acoust. Soc. Am.*, 26, 155—158 (1954).

43. The Time Course of Night and Space Myopia, Aerospace Medical Division, 6570th Aerospace Medical Res. Lab., Rep. № AMRL-TDR-62-80 (Final Report), Aug 1962

рекомендуемые пособия по инженерной психологии

книги

Benson O. O., *Strughold H.* (eds), Physics and Medicine of the Atmosphere and Space, Wiley, New York, 1960.

Borko H., Computer Applications in the Behavioral Sciences, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1962.

Chapanis A., Research Techniques in Human Engineering, Hopkins, Baltimore, 1959.

Dreyfuss H., The Measure of Man: Human Factors in Design, Whitney Library of Design, 18 E. 50 th St., New York 22, 1960.

Eckman D. P., Systems: Research and Design, Wiley, New York, 1961.

Flaherty B. E., Psychophysicological Aspects of Space Flight, Columbia Univ. Press, New York, 1961.

Fogel L. J., Biotechnology: Concepts and Applications, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1963.

Gagne R. M., *Melton A. M.* (eds.), Psychological Principles in System Development, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1962.

Gantz K. F., Man in Space, Duell, Sloan a. Pearce, New York, 1959.

Gauer O. H., *Suidema G. D.*, Gravitational Stress in Aerospace Medicine Little, Brown, Boston, 1961.

I. E. S. Lighting Handbook, 3d ed., Illuminating Eng. Soc., 1860, Broadway, New York 23, 1959.

Koelle H. H. (ed.), Handbook of Astronautical Engineering, McGraw-Hill, New York, 1961.

McCormick E. J., Human Engineering, McGraw-Hill, New York, 1957.

Morgan C. T. et al. (ed.) Human Engineering Guide to Equipment Design, McGraw-Hill, New York, 1963.

Paul Webb Associates, NASA Life Sciences Data Book, National Aeronautics and Space Administration, Office of Manned Space Flight, Washington, 1962.

Pierce J. R., Symbols, Signals and Noise: The Nature and Process of Communication, Harper, New York, 1961.

Sels S. B., *Berry C. A.*, Human Factors in Jet and Space, Travel Ronald Press, New York, 1961.

Shilling C. W., The Human Machine, United States Naval Inst., Annapolis, Md., 1955.

Stevens S. S. (ed.), Handbook of Exp. Psychol., Wiley, New York, 1951.

Thompson G. V. E., Space Research and Technology, Gordon a. Breach Science Publishers, New York, 1962.

Tufts College Inst. for Applied Exp. Psychol., Handbook of Human Engineering Data for Des. Engineers (Tech. Rep. № SDC 199-1-2), 2d ed.

Van Doren H., Industrial Design, 2d ed. McGraw-Hill, New York, 1954.

Wiener N., Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine, 2d ed. Mass. Inst. of Technol. Press, Wiley, New York, 1961.

ОТЧЕТЫ

Brody A. L., Weinstock S., Mathematical Theories in Performance, Decision Making and Learning: A Literature Rev., 6570th Aerospace Medical Res. Lab., Aerospace Medical Div., Aerospace Systems Division (Rep. № MRL-TDR-62-76), July 1962.

Demaree R. G., Marks M. R., Development of Qualitative and Quantitative Personnel Requirements Information, 6570th Aerospace Medical Res. Lab., Wright-Patterson Air Force Base (Rep. № MRL-TDR-62,4), Dec. 1962.

Federal Electric Corp., Maintainability Design Criteria Handbook for Designers of Shipboard Electronic Equipment (NAVSHIPS 94324), Government Printing Office, Washington, 1962.

Fitts P. M., ,,Functions of Man in Complex Systems'', *Aerospnce Eng.*, Jan. (1962).

Losee J. E. et al., Methods for Computing Manpover Requirements for Weapon Systems under Development, Aerospace Systems Division, Wright-Patterson Air Force Base (Tech. Rep. № 61-361), Aug. 1961.

Miller R. B., Manual for Man-Machine Job-Task Description, Am. Inst. Res., Pittsburgh, Penna., June 1955.

North American Aviation, Inc., Environmental Control Systems, Selection for Manned Space Vehicles, Part I, vol. I, Aerospace Systems Division, Wright-Patterson Air Force Base (Tech. Rep. № 61-240), Dec. 1961.

Wulfeck J. W. et al., Vision in Military Aviation (Air Force, Wright Air Development Center, Tech. Rep. № 58-399), Nov. 1958.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

MIL STD 303 — Cockpit Controls; Location and Actuation of, for Fixed Wing Aircraft, Standard. Div., Office of the Assistant Secretary of Defense (Supply and Logistics) Washington 25, D. C.

MIL STD 250 — Cockpit Controls; Location and Actuation of, for Helicopters, Standard. Div., Office of the Assistant Secretary of Defense (Supply and Logistics), Washington 25, D.C.

MIL STD 411 — Aircrew Station Signals, Standard. Div., Armed Forces Supply Support Center, Washington 25, D.C.

MIL STD 803 — Human Engineering Criteria for Aircraft, Missile and Space Systems, Ground Support Equipment, Director of Administrative Services, Hq. Space Systems Division, Air Force Systems Command, Air Force Unit Post Office, Los Angeles 45, California.

FED STD 595 — Colors, Standard. Div., Federal Supply Service, General Services Administration, 7th a. D Street, S. W., Washington, D. C.

AFR 30-8—Planning and Programming for System Personnel, Director of Administrative Services, Hg. United States Air Force, The Pentagon, Washington 25, D. C.

MIL-H-27894 (USAF) — Human Engineering Requirements for Aerospace Systems and Equipment, Director of Administrative Services, Hq. United States Air Force, The Pentagon, Washington 25, D. C.

MIL-D-26239 (USAF) — Data, Qualitative and Quantitative Personnel Requirements Information (QQPRI), Director of Administrative Services, Hq. United States Air Force, The Pentagon, Washington 25, D. C.

MIL-H-22174 (AER) — Human Factors Data for Aircraft and Missile Systems, Commanding Officer, Naval Aviation Supply Depot, 5801 Tabor Avenue, Philadelphia 20, Pa., Attn: Code CDS.

NAVEXOS P-643—Handbook of Human Engineering Data for Design Engineers, Commanding Officer, Naval Aviation Supply Depot, 5801 Tabor Avenue, Philadelphia 20, Pa., Attn: Code CDS.

OCTI 200-1-59 — Human Factors Engineering in Ordnance Materiel Research, Development, and Evaluation, U. S. Army Ordnance, Human Engineering Labs., Aberdeen Proving Ground, Md.

SCL-1787 — Human Factors Engineering for Signal Systems and Equipment, U. S. Army Signal Corps Labs., Fort Monmouth, N. J., Attn: The Adjutant.

U. S. Army TM 21-62 — Manual of Standard Practice for Human Factors in Military Vehicle Design, R. E. Hedgcock, J. W. Lewis, F. M. McIntyre, U. S. Army Human Engineering Labs., Aberdeen Proving Ground, Md., Aug. 1962.

дополнительная литература*

КО ВСЕЙ КНИГЕ

1. «Инженерная психология», сб. под ред. А. Н. Леонтьева, В. П. Зинченко и Д. Ю. Панова, Изд-во МГУ, 1964.
2. «Инженерная психология», сб. под ред. Д. Ю. Панова и В. П. Зинченко, изд-во «Прогресс», 1964.
3. *Ломов Б. Ф.*, Человек и техника, изд-во «Сов. радио», 1966 (содержит обширную библиографию).
4. «Проблемы общей и индустриальной психологии», сб. под ред. Б. Г. Ананьева и Б. Ф. Ломова, Изд-во ЛГУ, 1963.
5. «Проблемы инженерной психологии», сборники под ред. Б. Ф. Ломова, вып. 1—5, Л., 1964—1966.
6. «Система «человек и автомат», сб. под ред. Д. А. Ошанина, М. Г. Гаазе-Рапопорта и А. Я. Лернера, изд-во «Наука», 1965.

К ГЛАВЕ 1

1. *Бартлетт Ф.*, Психика человека в труде и игре, Изд-во АПН РСФСР, 1959.
2. *Бобнева М. И.*, Техника и человек, *Вопросы философии*, № 10 (1961).
3. *Веккер Л. М., Ломов Б. Ф.*, Структура трудового действия, в сб. «Вопросы психологии», Ереван, 1960.
4. *Венда В. Ф.*, Оператор и машина, изд-во «Знание», 1964.
5. *Венда В. Ф.*, Моделирование и научная организация труда операторов, *Социалист. труд*, № 10 (1965).
6. *Влодавец В. А.*, Влияние задачи на характер и время выполнения трудового действия, *Вопросы психологии*, № 4 (1960).
7. *Геллерштейн С. Г.*, Чувство времени и скорость двигательной реакции, Медгиз, 1958.
8. *Геллерштейн С. Г.*, Вопросы психологии труда, в кн. «Психологическая наука в СССР», т. II, Изд-во АПН РСФСР, 1960.
9. *Гуд Г. Н., Маккол Р. Э.*, Системотехника. Введение в проектирование больших систем, изд-во «Сов. радио», 1962.
10. *Зинченко В. П., Панов Д. Ю.*, Узловые проблемы инженерной психологии, *Вопросы психологии*, № 1 (1962).
11. «Инженерная психология», сб. под ред. А. Н. Леонтьева, В. П. Зинченко и Д. Ю. Панова, Изд-во МГУ, 1964.
12. *Леонтьев К. Л., Лернер А. Я., Ошанин Д. А.*, О некоторых задачах исследования системы «человек и автомат», *Вопросы психологии*, № 1 (1961).
13. *Ломов Б. Ф.*, Человек и техника, изд-во «Сов. радио», 1966.
14. *Ломов Б. Ф.*, Инженерная психология и вопросы организации труда, в кн. «Научная организация труда на предприятиях машиностроения (материалы семинара)», Моск. дом научно-техн. проп., 1965.
15. *Назаров А. И.*, Обзор зарубежной литературы по инженерной психологии за 1961 г., *Вопросы психологии*, № 6 (1962).
16. *Ошанин Д. А.*, Пути развития психологии труда в капиталистических странах, *Вопросы психологии*, № 6 (1962).

* Добавлена редактором русского издания.

17. *Ошанин Д. А., Венда В. Ф.*, О некоторых путях повышения эффективности операторского труда в системах «человек и автомат», *Вопросы психологии*, № 3 (1962).
18. *Панов Д. А., Ошанин Д. А.*, Человек в автоматических системах управления, сб. «Кибернетику — на службу коммунизму», Изд-во АН СССР, 1961.
19. *Платонов К. К.*, Вопросы психологии труда, М., 1962.
20. *Платонов К. К.*, Психология лётного труда, М., 1960.
21. «Проблемы инженерной психологии», сб. под ред. Б. Ф. Ломова и В. П. Зинченко, вып. 1—5, Изд-во ЛГУ, 1964—1965.
22. «Проблемы общей и индустриальной психологии», сб. под ред. Б. Г. Ананьева и Б. Ф. Ломова, Изд-во ЛГУ, 1963.
23. *Пушкин В. Н.*, Отражение пространственных отношений на разных уровнях дистанционного управления производственным процессом, сб. «Проблемы восприятия пространства и времени», Изд-во ЛГУ, 1961.
24. *Пушкин В. Н.*, Оперативное мышление в больших системах, изд-во «Энергия», 1965.
25. *Пушкин В. Н., Згурский В. С.*, Человек и автомат, изд-во «Знание», 1963.
26. «Система «человек и автомат», сб. под ред. Д. А. Ошанина, М. Г. Гаазе-Рапопорта и А. Я. Лернера, изд-во «Наука», 1965.
27. *Якиманская И. С.*, Психологический анализ профессии оператора, *Докл. АПН РСФСР*, № 2 (1962).

К ГЛАВЕ 2

I. ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

1. *Беки Дж. А.*, Дискретная модель человека-оператора в системах управления, в кн. «Автоматизация процессов управления», Труды 2-го Конгр. Междунар. федерации по автом. управл. (Базель, 1963 г.), М., 1965.
2. *Бернштейн Н. А.*, О построении движений, Медгиз, 1947.
3. *Березкин Б. С.*, О модели информационного поиска. Труды II симпозиума по проблеме «Человек — машина», М., 1966.
4. *Веккер Л. М., Ломов Б. Ф.*, К сравнительному анализу процессов построения изображения в технических устройствах и анализаторах, в кн. «Проблемы пространства и времени», Изд-во ЛГУ, 1961.
5. *Венда В. Ф.*, Некоторые вопросы организации труда оператора комплексно-автоматизированного производства, в кн. «Научная организация труда на предприятиях машиностроения (материалы семинара)», Моск. дом научно-техн. проп., 1965.
6. *Венда В.*, Комплексная автоматизация и задачи технической эстетики, *Техн. эстетика*, № 10 (1964).
7. *Венда В. Ф.*, Мнемосхемы и мнемознаки, *Социалист. труд*, № 9 (1966).
8. «Вопросы художественного конструирования промышленных изделий», сб. статей, вып. 1. М., 1963.
9. *Глезер В. Д., Цуккерман И. И.*, Информация и зрение, Изд-во АН СССР, 1961.
10. *Горбов Ф. Д.*, О «помехоустойчивости» оператора, в кн. «Изучение деятельности человека в автоматизированных системах управления», Изд-во МГУ, 1963.
11. *Горбунова Л. Н.*, Работы американских психологов по изучению контрольных приборов и шкал, *Вопросы психологии*, № 1 (1959).
12. *Горбунова Л. Н.*, Работы американских психологов по изучению контрольных приборов и шкал, *Вопросы психологии*, № 3 (1960).
13. *Жукова Г. И., Платонов К. В.*, Влияние упражнения на навык чтения контрольных приборов, *Докл. АПН РСФСР*, № 1 (1961).

14. *Журавлев Г. Е.*, Некоторые трудности применения теории информации в психологии, Труды II симпозиума по проблеме «Человек — машина», М., 1966.

15. *Зефельд В. В., Венда В. Ф.*, Проект реконструкции операторского пункта, *Техн. эстетика*, № 6 (1965).

16. *Зинченко В. П.*, Восприятие как действие, *Вопросы психологии*, № 1 (1967).

17. *Зинченко В. П.*, Некоторые особенности ориентировочных движений рук и их роль в формировании двигательных навыков, *Вопросы психологии*, № 6 (1958).

18. *Зинченко В. П., Майзель Н. И., Фаткин Л. В.*, Деятельность оператора в режиме информационного поиска, *Вопросы психологии*, № 12 (1965).

19. «Изучение деятельности человека в автоматизированных системах управления», Изд-во МГУ, 1963.

20. «Инженерная психология», сб. под ред. А. Н. Леонтьева, В. П. Зинченко, Д. Ю. Панова, Изд-во МГУ, 1964.

21. «Инженерная психология», сб. под ред. Д. Ю. Панова и В. П. Зинченко, изд-во «Прогресс», 1964.

22. *Киселев Ю. В.*, Количественная оценка надежности оператора в системе «человек — машина», сб. «Авиационная и космическая медицина», М., 1963.

23. *Кожин А. А., Пахомов А. Ф., Цуккерман Б. Г.*, О формировании навыка читаемости контрольно-измерительных приборов, *Докл. АПН РСФСР*, № 3 (1961).

24. *Королев А. Н.*, К вопросу о величине яркости световых сигналов для внутренней сигнализации, *Светотехника*, № 4 (1964).

25. *Крылов А. А.*, Влияние диаметра шкалы на читаемость стрелочных контрольно-измерительных приборов, *Докл. АПН РСФСР*, № 1 (1962).

26. *Крылов А. А.*, Влияние величины мелких делений на читаемость шкал контрольно-измерительных приборов, *Докл. АПН РСФСР*, № 3 (1962).

27. *Крживоглавы Я.*, Инженерная психология и безопасность труда, *Вопросы психологии*, № 4 (1962).

28. *Крживоглавы Я.*, Расположение индикаторных приборов (информаторов), Л., 1963.

29. *Левандовский Н. Г.*, Изучение некоторых требований к человеку при управлении машинами по приборам, *Вестн. ЛГУ*, серия экономики, философии и права, № 23, вып. 4 (1959).

30. *Левандовский Н. Г.*, Опыт экспериментального исследования сенсомоторной структуры действия (на модели пульта управления паровым котлом электростанции), *Вопросы психологии*, № 6 (1959).

31. *Левитов Н. Д.*, О психологическом компоненте технической деятельности, *Вопросы психологии*, № 6 (1958).

32. *Леонтьев А. Н., Панов Д. Ю.*, Психология человека и технический прогресс, Материалы к совещанию по философским вопросам ВНД и психологии, М., 1962.

33. *Лепендина И. И., Платонов К. К.*, Сравнительная оценка двух способов обучения реагированию на показания приборов, *Докл. АПН РСФСР*, № 5 (1960).

34. *Ломов Б. Ф.*, Точность работы оператора и характеристика ошибок, в кн. «Изучение деятельности человека в автоматизированных системах управления», Изд-во МГУ, 1963.

35. *Ломов Б. Ф.*, Человек и техника, изд-во «Сов. радио», 1966.

36. *Ломов Б. Ф.*, Научная организация труда и инженерная психология, *Социалист. труд*, № 6 (1964).

37. *Ломов Б. Ф., Левиева С. Н.*, Исследование деятельности человека-оператора в режиме слежения, *Вопросы психологии*, № 1 (1965).

38. *Макруер Д. Т., Крендел Е. С.*, Понятие системы «человек — машина», *Труды ИРИ*, № 5 (1962).

39. *Митькин А. А.*, Эргономические принципы конструирования органов управления станков, *Техн. эстетика*, № 6 (1964).

40. *Митькин А. А.*, Психология — наука инженерная, *Машиностроитель*, № 8 (1965).

41. *Мунипов В. М.*, Об эргономических основах художественного конструирования, *Техн. эстетика*, № 10 (1964).

42. *Мунипов В. М.*, Эргономика и художественное конструирование, изд-во «Знание», 1966.

43. *Оливер Б. М.*, Цифровое представление результатов измерений в контрольно-измерительных приборах, *Труды ИРИ*, № 5 (1962).

44. *Ольшанникова А. Е.*, Влияние продолжительности работы на зависимость времени реакции от интенсивности зрительных сигналов, *Вопросы психологии*, № 6 (1963).

45. Основы проектирования органов управления. В помощь художнику-конструктору, *Техн. эстетика*, № 8 (1964).

46. *Ошанин Д. А., Венда В. Ф.*, О некоторых путях повышения эффективности операторского труда в системах «человек и автомат», *Вопросы психологии*, № 3 (1962).

47. *Селиверстов Ю. И.*, Методика исследования систем управления с участием человека, в кн. «Счетно-решающие приборы», сб. статей МВТУ им. Баумана, 1964.

48. «Система «человек и автомат»», сб. под ред. Д. А. Ошанина, М. Г. Гаазе-Рапопорта и А. Я. Лернера, изд-во «Наука», 1965.

49. *Уханский Ю. Л.*, Работа оперативного персонала и инженерная психология, *Электр. станции*, № 1 (1965).

50. *Ушакова Т. Н.*, О зависимости времени реакции от места раздражителя в поле зрения, сб. «Вопросы изучения высшей нейродинамики в связи с проблемами психологии», Изд-во АПН РСФСР, 1957.

51. *Фиттс П. М.*, Инженерная психология и конструирование машин, сб. «Экспериментальная психология», т. 2, М., 1963.

52. *Якобсон П. М.*, Психология художественного восприятия, изд-во «Искусство», 1964.

53. *Якобсон П. М.*, Вопросы психологии восприятия и работа художника-конструктора, *Техн. эстетика*, № 10 (1964).

II. ФИЗИОЛОГИЯ ТРУДА

54. *Артеменко Г. Е., Космачева А. С., Кутепов В. Н.*, Физиологическая характеристика труда на автоматических линиях обработки деталей мотора и у пультов управления электроплавильных печей, сб. «Материалы конф. Киевск. ин-та гигиены труда и профзаболев.», Киев, 1963.

55. *Бабаджанян М. Г., Соколова В. Н., Костина Е. М., Мамадашвили М. И., Чирков В. Я.*, Изучение причин утомляемости поездных диспетчеров, сб. «К физиологическому обоснованию трудовых процессов», М., 1960.

56. *Бархаш Г. И., Киколов А. И.*, Измерение физиологических функций у диспетчеров аэропортов за пультом управления, Тезисы докл. конф. молодых научн. работн. Ин-та гигиены труда и профзаболев., М., 1961.

57. *Благовещенская И. Н.*, Физиолого-гигиеническая характеристика условий труда операторов постов управления на непрерывном прокатном стане «1700», Тезисы докладов научн. сессии Ин-та по вопросам гигиены, физиологии труда и проф. патологии в основных отраслях промышленности Донбасса, Донецк, 1963.

58. *Борисов Г. К.*, Исследования целесообразности применения физкультурных пауз у диспетчеров железнодорожного транспорта на основании исходных данных о динамике работоспособности, Тезисы докл. итоговой конф. Ленингр. НИИ физкультуры, Л., 1963.

59. *Власова М. М.*, К вопросу о механизмах реакций человека на пультах управления, Тезисы докладов на II съезде об-ва психологов, вып. 3, М., 1963.

60. *Грищевский М. А., Коновалов В. Ф., Тартыгин Н. А.*, Характеристика сменной работы аппаратчиков непрерывного химического производства, *Гигиена и санитария*, № 11 (1963).

61. *Захаров В.*, Универсальность удобства, *Охрана труда и соц. страх.*, № 4 (1965).

62. *Ительсон Л. Б.*, О психологических особенностях труда аппаратчика в непрерывном химическом производстве, *Вопросы психологии*, № 5 (1961).

63. *Киколов А. И.*, Материалы к физиологическому обоснованию режима труда и отдыха работников студии телевидения (у пульта управления), сб. материалов к физиологическому обоснованию трудовых процессов, М., 1960.

64. *Косилов С. А.*, Физиологические основы рационализации, *Машиностроитель*, № 8 (1965).

65. *Косилов С. А.*, Очерки физиологии труда, *Медицина*, 1965.

66. *Косилов С. А.*, О типичных физиологических механизмах производственного утомления, *Теория и практ. физ. культуры*, № 6 (1962).

67. *Космачева А. С.*, Физиологическая оценка работы у пульта управления электросталеплавильных печей, сб. «Материалы IV конф. по физиологии труда, посвящ. памяти Ухтомского», Л., 1963.

68. *Крыжановский В. Г., Охрименко А. П., Максимова О. Ф., Василенко Ю. И.*, Некоторые особенности условий труда и физиологических функций работающих на пультах управления тепловых электростанций, сб. «Материалы научн. конф. по гигиене и физиологии труда», Киев, 1963.

69. *Ляшок Г. И.*, Характеристика условий труда и некоторых физиологических функций операторов конверторного цеха, в кн. «Вопросы гигиены труда», Киевск. ин-т гигиены труда и профзаболеваний, Киев, 1965.

70. *Повилейко Р. П.*, Об анатомических требованиях человека к современной технике, Новосибирский электротехн. ин-т, Новосибирск, 1964.

71. *Розенблат В. В.*, Проблема утомления, М., 1961.

72. *Руттенбург С. О., Дэн Су-и, Наследова Н. И.*, Физиологическая характеристика трудового процесса на пульте управления электростанции, сб. «Исследования по физиологии трудовых процессов», М., 1962.

73. *Трофимов В. А.*, Физиолого-гигиеническая оценка условий труда диспетчеров нефтепромысловых пультов управления, Тезисы докл. конф. молодых научн. работн. Ин-та гигиены труда и профзаболев., М., 1962.

III. ГИГИЕНА ТРУДА

а) Общие вопросы. Освещение, борьба с шумом

74. «Борьба с шумом», сб. под ред. Е. Я. Юдина, Стройиздат, 1964.

75. «Вопросы гигиены труда», Материалы I Украинской республ. совещания молодых гигиенистов труда, Киев, 1965.

76. *Заборов В., Клячко Л.* и *Росин Г.*, Борьба с шумом методами звукоизоляции, Стройиздат, 1964.

77. *Иванова Н. С., Айзенберг Ю. Б.*, Краткий светотехнический справочник, под ред. В. В. Мешкова, Госэнергоиздат, 1959.

78. *Марзеев*, Коммунальная гигиена, Медгиз, 1958.

79. *Орлова Т. А.*, Влияние шума на организм человека и средства индивидуальной защиты от него. Опыт борьбы с шумом и вибрацией в промышленности, материалы семинара, М., 1962.

80. *Орловская Э. П.*, Влияние на организм рабочих высокочастотного шума различных уровней интенсивности, *Гигиена и санитария*, № 5 (1963).

81. «Руководство по гигиене труда», под ред. Л. К. Хоцянова и А. А. Летавета, изд-во «Медицина», 1965.

82. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий, СН-245-63.

83. «Светотехнические изделия. Вып. 1. Светильники для производственных помещений с нормальными условиями среды» (каталог), М., 1965.

84. *Супонищкий М. Я., Чебанова О. В.*, Новые санитарные нормы проектирования промышленных предприятий, *Гигиена и санитария*, № 2 (1965).

б) Микроклимат

85. «Вопросы прикладной климатологии», Л., 1960.

86. *Витте Н. К.*, Тепловой обмен человека и его гигиеническое значение, Киев, 1965.

87. *Гуменер П. И.*, Изучение терморегуляции в гигиене и физиологии труда, М., 1962.

88. *Лихтенштейн В. А.*, О температурном анализаторе и его роли в норме и некоторых видах патологии, Махачкала, 1960.

89. *Черниговский В. Н.*, Интероцепторы, М., 1960.

в) Вибрация

90. *Агашин Ю. А.*, Материалы о влиянии вибрации на организм человека, Л., 1957.

91. *Андреева-Галанина Е. Ц., Дрогичина Э. А., Артамонова В. Г.*, Вибрационная болезнь, Л., 1961.

92. *Борщевский И. Я., Емельянов М. Д., Корешков А. А. и др.*, Общая вибрация и ее влияние на организм человека, М., 1963.

г) Дозиметрия. Защита от излучений

93. «Вопросы гигиены и дозиметрии», Труды Всесоюзн. конф. по мед. радиологии, М., 1957.

94. *Городинский С. М.*, Меры индивидуальной защиты при работе с радиоактивными веществами, М., 1958.

95. *Гусев Н. Г.*, Справочник по радиоактивным излучениям и защите, М., 1956.

96. *Гусев Н. Г.*, О предельно допустимых уровнях ионизирующих излучений, М., 1961.

97. *Егер Р.*, Дозиметрия и защита от излучений, сб., М., 1961.

98. «Защитное оборудование и приспособления для работы с радиоактивными веществами», сб., М., 1961.

99. «Радиационная гигиена», сб., М., 1962.

100. «Радиационная защита», сб., М., 1961.

101. «Радиационная медицина», сб. под ред. А. И. Бурназяна и А. В. Лебединского, М., 1963.

102. «Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений», М., 1960.

103. «Санитарные правила проектирования и эксплуатации исследовательских ядерных реакторов», М., 1963.

К ГЛАВЕ 3 *

1. *Андреев Л. А.*, Физиология органов чувств, М., 1941.

2. *Алексеев С. С., Теплов Б. М., Шеварев П. А.*, Цветоведение для архитекторов, ГОНТИ, 1938.

3. *Ашкенази Г. И.*, Цвет в природе и технике, 2-е доп. изд., Госэнергоиздат, 1959.

4. *Борис Г.*, Основные принципы цветового решения интерьера промышленных зданий, *Информ. бюлл. СА СССР*, № 6 (1965).

5. *Бобнева М. И.*, О цвете в промышленном интерьере, *Декор. искусства СССР*, № 6 (1964).

---

* Приводимая дополнительная литература в основном посвящена психофизиологическим основам применения цвета в художественном конструировании.— *Прим. ред.*

6. *Вавилов С. И.*, Глаз и солнце, М.-Л., 1950.
7. «Восприятие и воображение», сб. под ред. Е. И. Игнатьева, М., 1963.
8. «Зрительное восприятие», сб. под ред. П. А. Шеварева, изд-во «Просвещение», 1964.
9. *Ивенс Р. М.*, Введение в теорию цвета, изд-во «Мир», 1964.
10. *Козел Р.*, Цвет в промышленных объектах, Л., 1964.
11. *Кравков С. В.*, Очерки общей психофизиологии органов чувств, М.-Л., 1946.
12. *Кубасова Н. Е.*, Взаимодействие цветов, *Техн. эстетика*, № 6 (1965).
13. *Кубасова Н. Е., Ламперт Ф. А.*, Художнику-конструктору о цвете, *Техн. эстетика*, № 10 (1964).
14. *Лапин Ю. С* Цвет как фон в производственном процессе, *Техн. эстетика*, № 1 (1965).
15. *Лапин Ю. С., Устинов А. Г.*, Методика применения цвета в производственной среде, *Техн. эстетика*, № 6 (1964).
16. «Основные атласы цветов», *Декор. искусство СССР*, № 6 (1964).
17. *Повилейко Р. П.*, Цвет и свет на производстве, Изд-во Новосибирск. электротехн. ин-та, Новосибирск, 1964.
18. *Рабкин Е. Б.*, Атлас цветов, М., 1956.
19. *Рабкин Е. Б., Соколова Е. Г., Фрид Ю. В., Ковалевский Н. Н.*, Руководство по рациональному цветовому оформлению, изд-во «Транспорт», 1964.
20. *Рабкин Е. Б.*, Цвет в интерьере промышленных предприятий, *Информ. бюлл. СА СССР*, № 6 (1965).
21. *Рабкин Е. Б., Соколова Г. Е.*, Цвет вокруг нас, изд-во «Знание», 1964.
22. *Соломонов С. А.*, Должен ли быть весь мир зеленого цвета? *Техн. эстетика*, № 8 (1964).
23. *Устинов А. Г.*, Теоретические вопросы применения цвета в производственной среде, *Техн. эстетика*, № 1 (1965).
24. *Шаронов В. В.*, Свет и цвет, Физматгиз, 1961.
25. *Юстова Е.*, Колориметрия в промышленности, *Техн. эстетика*, № 9 (1964).

предметный указатель

Аварийная сигнализация 2-80
Автомобиль, освещение 2-58, 2-189
— сиденья 2-148
Адаптация темновая 2-199, 3-8
Аккомодация зрительная 3-4
Акустика 2-80, 2-219, 4-4
Акустическая система самолета 2-89
Акустические индикаторы 2-80
— — условия применения 2-80, 2-82
Анализ связей при размещении оборудования 2-158
— систем 1-5, 1-22
Антропометрические признаки 5-2
Атмосфера 2-32
Аудитории, акустические системы 2-88

Барометрическое давление 2-233
Бинокли 2-56
Бионика 1-36
Блескость 2-183
Боль 2-227, 2-234, 6-4
Буквы 2-10, 2-40, 2-206

Вентиляция 2-26
Верстаки 2-153
Вес, поднятие тяжестей 2-246, 5-34
— человеческого тела 5-22
Вибрация 2-233, 3-17
Видимое отражение (маскирующий эффект) 2-135
Видимости область 2-197
Видимость из самолета 2-139
Визуальные индикаторы, условия применения 2-4, 2-16, 2-49, 2-78, 2-125
Вкуса ощущение 6-13
Влажность 2-226
Внешние световые индикаторы 2-57
Внимание 6-52
— утомление, бдительность 2-243
Воздействие радиации 2-241
Вращательные органы управления 2-103, 2-107, 2-111, 2-115
Время и движение 6-42
— реакции человека 3-18, 6-19
Высота, влияние на человека 2-231
Выходные люки 2-164

Габаритные огни 2-59
Габариты рабочего пространства 2-120
Глаз 3-2
Голова, движение 5-28
Голод 6-15
Графики и схемы 2-65
Графические панели 2-31
Громкоговорители 2-86, 2-126
Громкость, критерии шума 2-219
Группы людей, размещение 2-170

Давление атмосферное 2-230
— скафандра 5-20, 5-35
— чувствительность человека 6-2
Данные измерений человеческого тела 2-121, 5-14

Движение и время 6-42
— и управление 6-18
— соответствие направлению 2-92, 2-112
Движения человеческого тела 2-237, 5-28
Деления шкал 2-4, 2-11, 2-17
Диаметр циферблата 2-33
Дистанционные манипуляторы 2-118
Документы, подготовка 2-70
Дорожные знаки 2-49, 2-53
Досягаемости зона оператора 5-16, 5-33
Дыхание 2-230

Жажда 6-15

Задания анализ 1-6
Заливающий свет 2-190
Запаха ощущение 6-13
Звук и слуховое ощущение 2-219, 4-4
— и трудовая деятельность 2-224, 4-34
Звуковая аварийная сигнализация 2-80
Звуковые индикаторы 2-80
— системы для многих слушателей 2-88
Здания, цвет 2-208
Знаки для помещений 2-54
— и надписи 2-48
Зрачок, межзрачковое расстояние 5-16
Зрение 3-1
— острота 3-14
Зрительное восприятие наклона 6-48
— ощущение и ощущение тяжести 6-49
— поле 2-139, 2-183, 3-7
Зрительные индикаторы 2-1

Измерения головы 5-3
человеческого тела 5-1
— — — интервалы распределения 5-1, 5-39*
Изобразительные индикаторы 2-19
Иллюзии оптические 3-20
Индикаторы акустические 2-80
— изобразительные 2-19
— и органы управления, соответствие 2-26, 2-112
— размещение 2-128
— сложные 2-24
— цифровые 2-33
— шкальные 2-5, 2-9
Инженерная нейрофизиология 1-36
Инженерно-психологическая лаборатория, требования 1-34
Инструменты, использование в космосе 6-51
Интенсивность света 2-197, 3-10, 2-205
Интервалы распределения измерений человеческого тела 5-1, 5-39*
Интерьеры, цвет 2-209
Искусственное освещение 2-180
Испытания системы человек — машина 1-8, 1-32

Кажущееся движение 3-19
Карты, схемы 2-74, 2-217
— движущиеся 2-8
— настенные 2-218
Кибернетика 1-36
Кинестезия 6-9

NataHaus

Кислород, потребности 2-229
Кнопки нажимные 2-95
Кнопочное управление 2-95
Кодирование на визуальных индикаторах 2-22
— органов управления 2-100
— формой 2-106
— цветом 2-15, 2-46, 2-137, 2-218
Кожное чувство 6-2
Койки, кровати 2-152
Колбочки и палочки 3-8
Количественные и качественные индикаторы 2-1
Коммуникация, речь 4-24
Компоновка панелей 2-125
— рабочего места 2-110, 2-153
— рабочей зоны 2-170
Конвергенция (глаз) 3-6
Кондиционирование воздуха 2-226
Конструирование промышленных изделий 1-4
Коридоры 2-162, 2-170
Корнолисова сила 2-237
Коэффициенты отражения 2-135, 2-209
Кресло, конструирование 2-142
Кровати, койки 2-152

Лазы 2-163
Лампы см. Освещение
Лестницы, трапы 2-166, 2-169
Летный шлем, размеры 5-21
Ложе космонавта 2-147, 2-236
Локализация звука 2-86, 4-30
— и порог различения двух точек 6-7
Люки 2-162, 2-164

Манекен, конструирование 1-32, 2-127
Манипуляторы 2-118
Маски с микрофоном 2-85
Маскировка звука 2-81, 4-19
Маскирующее отражение света 2-135
Маховики 2-105, 2-115
Мебель 2-141
Микрофоны 2-83
Многоканальное слушание 2-87
Моторные действия человека 6-21
Мускульная сила 2-114, 2-246, 5-34

Надежность человека 1-24
Надписи 2-38
Наклон тела, ощущение 6-47
Настенные схемы 2-218
Наушники 2-83
Невесомость 2-238, 6-49
Нейрон, возбуждение 3-8, 6-18
Нистагм 6-45
Ножные органы управления 2-110

Обозначения и надписи на приборах 2-38
Оборудование звуковых индикаторов 2-80
— практика конструирования 1-24
— размещение 2-158
— цвет 2-216
Образы единичные и двойные 3-19
— последовательные 3-21
Обратная связь нервная 6-21
— — общее представление 6-31
Обучение 1-14
Огни, аэропорт 2-60
Огни сигнальные и предупреждающие 2-30, 2-57, 2-196
Одежда, влияние на размеры 5-20
Оператор, перегрузка 1-24, 2-243, 6-52
— эффективность 2-141
Оптические иллюзии 3-20
— приборы 2-55
Организация рабочего места 2-150, 2-158, 2-170
Органы управления и индикаторы, соответствие 2-26, 2-112
— — вращательные 2-103, 2-107, 2-111, 2-115
— — динамика 6-18
— — надписи 2-41
— — ножные 2-110
— — полетом 2-102, 2-107, 6-31
— — пределы усилий 2-102, 5-34
— — размеры 2-95 — 2-104, 2-107, 2-110 — 2-111, 2-115 — 2-117
— — размещение 2-97, 2-213, 5-37
— — рулевые 2-107
— — ручные 2-95
— — рычажные 2-102
— — сопротивление 2-95
— — усилия 2-107, 5-39
— — эффективность 2-92, 2-113
Ориентация 2-237, 6-47
Освещение 2-60
— аудиторий 2-185
— боковое 2-201, 3-22
— дневное 2-179
— интерьеров 2-181
— искусственное 2-180
— органов управления 2-202
— панелей 2-32, 2-201
— приборов 2-23, 2-200
— рабочего места 2-176
— экстерьеров 2-189, 2-195
Острота зрения 3-14
Осязание, кожная чувствительность 6-2
Отметки на шкалах см. Деления шкал
Отражение света 2-135, 2-209
Ощущение вкуса 6-13
— запаха 6-13
— наклона тела 6-47

Палочки и колбочки 3-8
Панели, освещение см. Освещение
— размещение 2-27, 2-125
Педальные органы управления 2-110
Перегородки в служебном помещении 2-172
Перегрузка оператора 1-24, 2-243, 6-52
Передаточная функция человека 6-31
Передача информации 1-28, 6-33
Персонала подсистема 1-5
Печатание автоматическое 2-76
Печатный материал, подготовка 2-62
Пилота сиденье 2-144
Пища, калорийность 6-16, 6-17
Планировка и компоновка рабочего места 2-170
— служебных помещений 2-160, 2-181, 2-209, 2-222
Площадь поверхности тела 5-24
Повреждения слуха 2-225
Повторные движения 3-6, 6-18
Подбор органов управления 2-92
Подкрепление действия зрительного индикатора 2-77
Поднятие тяжестей, ограничения 2-246, 5-34

Подсистема персонала 1-5
Полет, органы управления 2-102, 2-107, 6-31
Положение пилота лежа 2-147
Полукружные каналы (ухо) 6-11
Помехи речи 2-225
Понятность речи 2-225, 4-24
Последовательные образы 3-21
Потребности в калориях 2-243
Пределы досягаемости 5-16, 5-33
— усилий, прилагаемых к органам управления 2-102, 5-34
Предупреждающие огни 2-30, 2-36, 2-57, 2-196
Предупреждающие сигналы акустические 2-82
Приборы, визуальные индикаторы 2-1
Привычки, стереотипы 1-31
Проекционные установки 2-28
Произвольные движения 3-06, 6-21
Проходы и коридоры 2-162
Психофизические соотношения при зрении 3-28
Пульты, конструирование 2-125

Рабочая среда 2-176
Рабочее задание, анализ 1-6
— место, организация 2-150, 2-158, 2-170
Равновесие 6-10
Радиации воздействие 2-241
Радиомагнитные индикаторы 2-25
Разборчивость речи 2-225, 4-24
Различение формы 3-14, 6-8
Размеры органов управления см. Органы управления
Размещение визуальных индикаторов 2-49, 2-51, 2-54, 2-57, 2-61, 2-120, 2-129
— оборудования 2-158
— органов управления 2-97, 2-113, 5-37
Расстояние наблюдения 2-10, 2-40, 2-50, 2-129
Реакции время 3-18, 6-19
— стереотипные 1-30
Реверберация см. Акустика
Рефлекторная деятельность 3-6, 6-19
Речь, разборчивость (понятность) 2-225, 4-24
— спектральные характеристики 4-23
— уровни помех 2-225
Рост — вес — возраст 5-22
— и объем груди 5-25
Рука, зоны досягаемости 5-33
— сила 5-34
Рукоятки 2-99, 5-33
— маховиков 2-105, 2-115
Ручки на панели управления 2-103
Ручное оборудование акустическое 2-83
— — оптическое 2-55
Ручные органы управления 2-95
Рычаги 2-107
Рычажные органы управления 2-102

Самолетное освещение, внешнее 2-52, 2-195
— — внутреннее 2-191, 2-199
Самолетные приборы, индикаторы 2-2, 2-36, 2-199
Самоотражение и блескость 2-135
Самописцы, печатающие устройства 2-76,
Самопишущие устройства 2-20, 2-76
Самоприспосабливающиеся системы 1-36
Светопроводы 2-27, 2-32, 2-201
Свободное пространство для колен 2-154
— — для ступней ног 2-153
— — для тела 2-120, 2-180, 2-162
Связи, анализ 2-158, 6-42
Сетчатка человеческого глаза 3-2
Сигнальные лампы 2-1, 2-30, 2-36
Сиденья 2-141
— в аудиториях 2-150
— для пассажиров в самолете 2-148
Сила Кориолиса 2-237
— тяжести 2-138, 2-235, 6-49
Сила частей человеческого тела 5-34
Символы, дорожные знаки 2-49, 2-53
— на картах и схемах 2-75, 2-218
— на радарных установках 2-22
Системный анализ 1-5, 1-22, 2-158, 6-42
— подход 1-5, 1-22
Слежение методом компенсации 6-28
— по положению и скорости 6-28
— со вспомогательными устройствами 6-28, 6-30
Сложные индикаторы визуальные 2-24
Слух 4-1, 2-80, 4-7
— повреждения 2-225
— пороги ощущения 4-12
Соматотипы 5-11
Соответствие индикаторов органам управления 2-92, 2-112
Сопротивление органов управления 2-95
Сочетание индикаторов 2-77, 2-78
Спектральные характеристики речи 4-23
Спецодежда 5-20, 5-35
Среда рабочая 2-176
Стереоскопия 3-18
Стереотипные реакции 1-30
Стереотипы 1-31
Стереофония 2-88
Стойки 2-153
Столы, мебель 2-153
Суммирование и взаимодействие (зрение) 3-18
Схемы и графики 2-66
— настенные 2-218
Счетчики (зрительные индикаторы) 2-33
— цифровые 2-33

Таблицы печатные 2-65
Телевизионный экран, расстояние наблюдения 2-151
Тело человека, вес 5-22
— — движения 2-237, 5-28
— — площадь поверхности 5-24
— — размеры 5-1
— — сила различных частей 5-34
— — температура 2-226
— — центр тяжести 5-22
— — чувствительность 2-223, 2-234, 3-11
Темновая адаптация 2-199, 3-8
Температура и вентиляция 2-226, 6-6
— переносимость холода 2-228, 6-6
— человеческого тела 2-226
Техника безопасности, учет при конструировании 2-248
Токсичность 2-233, 2-248
Транспортные средства, внешние огни 2-57
Трапы, лестницы 2-169
Требования подсистемы персонала 1-10
Трихроматическая система 3-24
Тумблеры 2-99
Тяжесть 2-138, 2-235, 6-49
— центр тяжести человеческого тела 6-22

Углекислого газа концентрация 2-229
Угол видимости вниз 2-139

Угол зрения 2-33, 2-45, 2-129, 2-135, 3-7, 3-23
Указатели курса электронные 2-21
— и шкалы 2-16
Управление звуковой системой 2-89
Ускорение 2-235
Ускоренный индикатор 6-35
Утомление 2-243
Ухо 4-2

Форма, различение 3-14, 6-8

Холод 2-228, 6-6

Цвет, аномалии восприятия 3-26
— использование 2-212
— оттенки и сочетание 2-209
Цвета стандарты 2-137, 2-214
Цветовое зрение 3-22
Центр тяжести человеческого тела 5-22
Цикл развертывания системы 1-9
Циферблат, размеры 2-33
Цифры, написанные 2-10, 2-206

Человек, измерения тела 2-121, 5-14
— надежность 1-24
Человек — машина, анализ системы 1-5, 1-22, 2-158, 6-42
— — динамика системы 6-18
Человек-оператор, передаточная функция 6-31
Человек-оператор, характеристики 1-23
Человеческого тела измерения 2-121, 5-1, 5-14
Чистые тона 4-19
Читаемость 2-10, 2-40, 2-206
Чувствительность к вибрации 2-233
— к движению 2-237, 6-5
— к температуре 2-226
— тела 2-223, 2-234, 3-11
— цветовая 3-23

Шкальные деления 2-11
— индикаторы 2-5
Шлемы 5-21
Шум 2-219, 2-224, 4-19

Экстерьеры, использование цвета 2-208
Электролюминесцентные установки 2-7, 2-30, 2-47, 2-204
Электронные индикаторы 2-20
Энергия мускульная, эффективность 6-22
— превращения в теле человека 6-16
— потребности человека в калориях 2-243
Эскалаторы 2-169
Эффективность зрительного восприятия 2-180, 3-1
— мускульной системы 6-22
— оператора 2-141
— органов управления 2-92, 2-113

Яркость см. Освещение
— видимых объектов 3-12

У. ВУДСОН
Д. КОНОВЕР

Справочник
по инженерной психологии
для инженеров
и художников-конструкторов

Редактор *В. Я. ФРИДМАН*
Художник *А. В. Шипов*
Художественный редактор *Н. А. Фильчагина*
Технический редактор *А. Г. Резоухова*

Сдано в производство 25/IX-1967 г. Подписано к печати 18/IV-1968 г. Бумага офсетн. № 2. $84 \times 108^1/_{16}$=16,25 бум. л. Усл. печ. л. 54,6. Уч.-изд. л. 39,49. Изд. № 20/3740. Цена 3 р. 21 к. Зак. № 492.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»
Москва, 1-й Рижский пер., 2

Сайт www.infanata.org

Ярославский полиграфкомбинат
Главполиграфпрома Комитета по печати
при Совете Министров СССР
Ярославль, ул. Свободы, 97